

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Januar 2001 (18.01.2001)

PCT

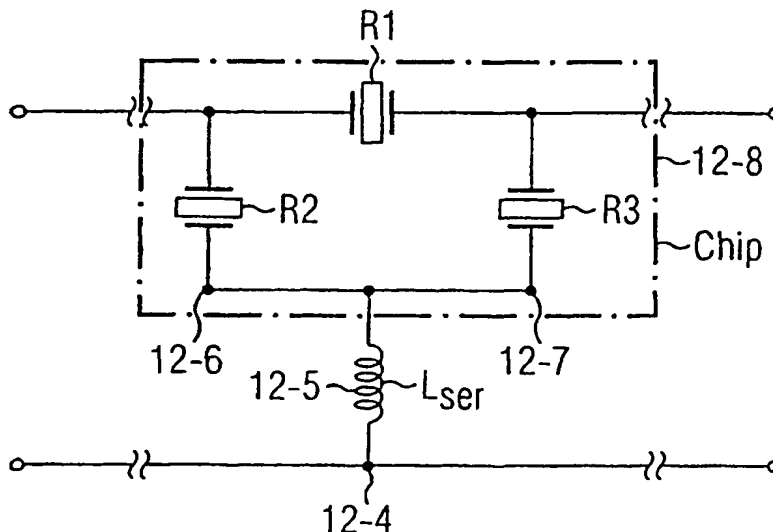
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/05031 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H03H 9/64 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SELMEIER, Peter
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02202 [DE/DE]; Buchenstrasse 2, D-83558 Maitenbeth (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 6. Juli 2000 (06.07.2000) (74) Anwalt: EPPING HERMANN & FISCHER GBR;
Postfach 12 10 26, D-80034 München (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).
(30) Angaben zur Priorität: 199 32 649.5 13. Juli 1999 (13.07.1999) DE Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme — Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
von US): EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
D-81541 München (DE). eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) FILTER OF THE REACTANCE FILTER TYPE EXHIBITING IMPROVED
STOP BAND SUPPRESSION AND METHOD FOR OPTIMIZING THE STOP BAND SUPPRESSION

(54) Bezeichnung: SAW-FILTER DES REAKTANZFILTERTYPS MIT VERBESSERTER SPERRBEREICHSUNTERDRÜ-
CKUNG UND VERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG DER SPERRBEREICHSUNTERDRÜCKUNG



(57) Abstract: The invention relates to a surface acoustic wave (SAW) filter of the reactance filter type comprising at least two SAW resonators (R2, R3) in two parallel branches and comprising a SAW resonator (R1) in a serial branch. According to the invention, an electric connection, said connection being produced on the substrate, of the ground sides (12-6, 12-7) of both SAW resonators (R2, R3) in the parallel branches is provided before the connection (12-5) to the housing in order to be able to shift the pole location associated with the parallel branch to a lower frequency.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/05031 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird vorgeschlagen, bei einem SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp mit zumindest zwei SAW-Resonatoren (R2, R3) in zwei parallelen Zweigen und einem SAW-Resonator (R1) in einem seriellen Zweig eine auf dem Substrat ausgebildete elektrische Verbindung der Masseseiten (12-6, 12-7) der beiden SAW-Resonatoren (R2, R3) in den parallelen Zweigen vor der Anbindung (12-5) an das Gehäuse vorzusehen, um eine Verschiebung der dem Parallelzweig zugehörenden Polstelle zu einer niedrigeren Frequenz zu erreichen.

Beschreibung

SAW-Filter des Reaktanzfiltertyps mit verbesserter Sperrbereichsunterdrückung und Verfahren zur Optimierung der Sperrbereichsunterdrückung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Oberflächenwellenfilter (OFW oder englisch SAW) und speziell ein SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp mit verbesserter Sperrbereichsunterdrückung sowie ein Verfahren zur Optimierung der Sperrbereichsunterdrückung.

Reaktanzfilter sind aus der klassischen Filtertechnik bekannt. Werden statt diskreter Elemente (Induktivitäten und Kapazitäten) für die einzelnen Resonatoren SAW-Resonatoren verwendet, so spricht man von SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp.

Bei SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp werden als Impedanzelemente SAW-Resonatoren verwendet. Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau eines bekannten Resonators. Er weist metallische Strukturen auf der Oberfläche eines piezoelektrischen Substrats auf und besitzt ein Anschlußpaar 1-1 und 1-2, an dem ein Interdigitalwandler 1-4 zur Transformation von elektrischer in akustische Energie angeschlossen ist. Auf beiden Seiten des Interdigitalwandlers 1-4 ist längs der akustischen Achse jeweils ein Reflektor 1-3 und 1-5 angeordnet um zu verhindern, daß die akustische Energie entweicht.

Fig. 2 zeigt links das Ersatzschaltbild für einen SAW-Resonator R und rechts das für den Resonator verwendete Symbol. Im ersten Zweig der Parallelschaltung befindet sich eine Serienresonanzschaltung aus dynamischer Induktivität L_1 , dynamischer Kapazität C_1 und dynamischem Widerstand R_1 (bei Berücksichtigung von Verlusten) und im zweiten Zweig die statische Kapazität C_0 des Interdigitalwandlers. Die Serienresonanzschaltung gibt das Verhalten des Resonators im Resonanz-

fall wieder, also im Bereich der Resonanzfrequenz f_r . Die statische Kapazität gibt das Verhalten in den Frequenzbereichen $f \ll f_r$ und $f \gg f_r$ wieder. Die dynamische Kapazität C_1 ist proportional zur statischen Kapazität C_0 des Interdigitalwandlers:

$$C_1 \sim C_0. \quad (1.1)$$

Ein Resonator besitzt eine Resonanzfrequenz f_r und eine Antiresonanzfrequenz f_a . Für die Resonanzfrequenz f_r gilt:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 * C_1}} \quad (1.2)$$

Für die Antiresonanzfrequenz f_a eines Resonators gilt:

$$f_a = f_r * \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0}} \quad (1.3)$$

Basiseinheit eines SAW Reaktanzfilters ist ein sogenanntes Grundglied, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Es besteht aus einem ersten Resonator R_1 mit Resonanzfrequenz f_{rp} und zugehöriger Antiresonanzfrequenz f_{ap} im parallelen Zweig und einem zweiten Resonator R_2 mit Resonanzfrequenz f_{rs} und zugehöriger Antiresonanzfrequenz f_{as} im seriellen Zweig. Der Frequenzverlauf der Admittanz Y_p des Resonators R_1 im parallelen Zweig und der Frequenzverlauf der Impedanz Z_s des Resonators R_2 im seriellen Zweig sind in Fig. 4 dargestellt. Zur Erzeugung eines Bandpaßfilters mit der Mittenfrequenz f_0 haben die Resonanzfrequenzen der beiden Resonatoren folgenden Zusammenhang:

$$f_{ap} \approx f_{rs} \approx f_0 \quad (1.4)$$

Jedes Grundglied ist prinzipiell als Zweitor mit den Anschlüssen 3-1 bzw. 3-2 von Tor 1 und den Anschlüssen 3-3 bzw. 3-4 von Tor 2 zu betrachten (siehe Fig. 3). Gleichzeitig ist der Anschluß 3-1 der Eingang und der Anschluß 3-3 der Ausgang des Serienresonators. Der Eingang des Parallelresonators ist mit dem Anschluß 3-1 verbunden. Die Anschlüsse 3-2 und 3-4 stellen bei einem unsymmetrischen Betrieb die Bezugsmasse dar. Der Ausgang 3-5 des Parallelresonators, der der Bezugs-

masse zugewandt ist, wird im folgenden als Ausgangs- bzw. Masse-
seite des Parallelresonators genannt. Die Induktivität L_{ser} , die zwischen der Ausgangsseite des Parallelresonators und der Bezugsmasse liegt, spiegelt den Anschluß an die Gehäusemasse im realen Aufbau wieder.

Das Selektionsniveau des SAW-Filters nach dem Reaktanzfiltertyp wird zum einen durch das Verhältnis C_{op}/C_{os} aus statischer Kapazität C_{op} im Parallelzweig und statischer Kapazität C_{os} im Serienzweig bestimmt, zum anderen durch die Anzahl der hintereinander geschalteten (kaskadierten) Grundglieder.

Die Grundglieder werden im Falle einer Kaskadierung üblicherweise angepaßt verschaltet, das heißt, jeweils gespiegelt.

Fig. 5 und Fig. 6 zeigen zwei Beispiele eines Reaktanzfilters, bei dem jeweils zwei Grundglieder kaskadiert sind. Die Ausgangsimpedanz 5-1 (Z_{out}) bzw. 6-1 (Z_{in}) des ersten Grundgliedes ist gleich der Eingangsimpedanz 5-2 bzw. 6-2 des zweiten Grundgliedes, wodurch die Verluste durch Fehlanpassung minimal sind. Bezüglich Anzahl und Anordnung der Grundglieder sind für Reaktanzfilter vielerlei Strukturen möglich oder bekannt.

Unmittelbar hintereinanderliegende Resonatoren gleichen Typs (Serienresonator oder Parallelresonator) können auch zu jeweils einem zusammengefaßt werden, wobei die kapazitive Gesamtwirkung gleich bleibt. Die Verschaltung eines Filters gemäß Fig. 7 entspricht in der Wirkung der eines Filters nach Fig. 8.

Die Fig. 9 und 10 zeigen den typischen tatsächlichen Aufbau eines SAW-Filters auf einem piezoelektrischen Substrat 9-1 in einem Keramikgehäuse 9-0 und die typische Verbindungstechnik mit Bonddrähten 9-8 bis 9-12 bzw. 10-9.

Die Parallelresonatoren R1, R3 und R5 werden an der Ausgangsseite 9-15 bis 9-17 über Bonddrähte 9-9, 9-10 und 9-12 mit den Gehäusemassepad 9-4, 9-5 und 9-7 verbunden.

- 5 Durch die typische Aufbautechnik (siehe Fig. 9 und Fig. 10) erhält man bei dem Anschluß der Parallelzweige an Masse Serieninduktivitäten zwischen z.B. der Ausgangsseite 9-17 des Parallelresonators R5 auf dem Substrat (Chip) 9-1 und der am äußeren Gehäusepin 9-4 anliegenden Masse 10-5. Dazu zählen im wesentlichen der induktive Anteil der Streifenleitung auf dem Chip, die Induktivität der Bondverbindung 9-9 und die der Gehäusedurchführung 10-3.

- 15 Diese Serieninduktivitäten beeinflussen das Verhalten des Filters sowohl im Durchlaßbereich als auch im Sperrbereich. Für den Durchlaßbereich gilt $f \sim f_0$. Die Resonanzfrequenz und damit die Bandbreite eines Resonators kann bekanntermaßen durch eine zum Resonator gehörige externe Beschaltung verändert werden. Eine Induktivität seriell zum Resonator erhöht die effektive dynamische Induktivität, wodurch die Resonanzfrequenz f_r sinkt. Da die Antiresonanzfrequenz f_a nur in sehr geringem Maße verschoben wird, wird die Bandbreite $\Delta f = f_a - f_r$ eines Resonators mit serieller Induktivität vergrößert. Im Falle eines Parallelresonators wird auch die Bandbreite des SAW-Filters vergrößert.

- 30 Für den Sperrbereich gilt $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$. Hier ist das Ersatzschaltbild eines Resonators reduziert auf seine statische Kapazität C_0 , da der Serienschwingkreis außerhalb f_0 sehr hochohmig ist und einem Leerlauf entspricht. Eine Induktivität L_{ser} seriell zum Resonator ergibt einen in Fig. 11 dargestellten Serienschwingkreis mit einer Resonanzfrequenz

$$f_{pol} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{ser} * C_0}} \quad (1.5).$$

- 35 Im Falle einer Induktivität seriell zu einem Parallelresonator bedeutet dies, daß bei der Frequenz f_{pol} die Energie des

Filters direkt nach Masse abfließen kann, es bildet sich in der Filterkurve eine sogenannte Polstelle aus, also eine erhöhte Unterdrückung im Sperrbereich. Die Anzahl der Polstellen im Sperrbereich entspricht der Anzahl der Parallelzweige mit Serieninduktivität. Frequenzmäßig unterscheidbare Polstellen f_{pol1} und f_{pol2} ergeben sich nur bei unterschiedlichen Produkten $\Pi_1 = L_{ser1} * C_{01}$ und $\Pi_2 = L_{ser2} * C_{02}$. Sind die Produkte identisch, so liegen die Polstellen bei der gleichen Frequenz, man erhält eine doppelte Polstelle $f_{pol} = f_{pol1} = f_{pol2}$ mit einer höheren Unterdrückung als bei einer einfachen Polstelle.

Fig.11a zeigt das Dämpfungsverhalten eines Resonators im Parallelzweig, an den eine Induktivität L_{ser} seriell an die Ausgangsseite des Parallelresonators angeschlossen ist. Wie in Fig. 11b wurde der Serienschwingkreis des Resonators, dessen Resonanzfrequenz f_{rp} gleich f_0 ist, zur Verdeutlichung der Polstelle entfernt. Für die Frequenz der Polstelle f_{pol} gilt typisch $f_{pol} > f_0$, wobei f_0 gleich der Resonanzfrequenz des Filters. Für die Polstelle erhält man eine hohe Dämpfung.

20

SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp werden vornehmlich als HF-Filter im Mobilfunkbereich eingesetzt, da sie sehr geringe Verluste im Durchlaßbereich aufweisen. Als HF-Filter im Mobilfunkbereich muß das SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp darüberhinaus zum einen das Duplexband (bei einem Sendefilter also das Empfangsband und bei einem Empfangsfilter umgekehrt das Sendeband) und zum anderen das Signal bei der Lokaloszillatorfrequenz (LO) und/oder bei der Spiegelfrequenz (Imagefrequenz) unterdrücken, um ungewollte Mischprodukte im Telefon zu verhindern.

30

Der Lokaloszillator liegt oberhalb oder unterhalb der Mittenfrequenz f_0 des Filters. Der Abstand zur Mittenfrequenz f_0 entspricht der zur Signalaufbereitung verwendeten Zwischenfrequenz (ZF). Die Spiegelfrequenz hat den Abstand $2 * ZF$ zur Mittenfrequenz f_0 . Da momentan ZF-Frequenzen im Bereich 100-400 MHz verwendet werden, muß das SAW-Filter je nach Anwen-

35

dung im Bereich f_0 plus/minus 100-800 MHz gute Dämpfungseigenschaften von typisch mehr als 30dB aufweisen. In den häufigsten Fällen liegt der Lokaloszillator oberhalb der Mittenfrequenz f_0 .

5

Um eine ausreichende Dämpfung im Bereich der LO- und/oder Imagefrequenz zu erreichen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Möglichkeit A besteht darin, das allgemeine Selektionsniveau (als Maß hierfür gilt die minimale Dämpfung unterhalb des Durchlaßbereiches bei ca. $f_0/2$) entsprechend groß zu machen. Der große Nachteil ist jedoch, daß mit zunehmendem Selektionsniveau auch die Verluste im Durchlaßbereich steigen. Das ist in den meisten Fällen inakzeptabel für die Signalverarbeitung im Telefon. Die zweite Möglichkeit B ergibt sich aus der oben beschriebenen Tatsache, daß eine bei der herkömmlichen Aufbautechnik vorhandene Induktivität seriell zu einem Parallelresonator eine Polstelle erzeugt, die gerade bei der LO- oder Imagefrequenz liegt. Bei dem großen Spektrum an verwendeten ZF-Frequenzen muß in diesem Falle eine Möglichkeit gegeben sein, um die erzeugte Polstelle über einen Bereich von ca. 700 MHz zu variieren.

Da die statische Kapazität C_{op} im Parallelzweig maßgeblich die Filterperformance (Passband, Anpassung und Selektionsniveau) bestimmt, kann sie bei gegebenen Filteranforderungen nur in sehr geringem Maße so variiert werden, daß sich gleichzeitig auch noch die Lage von Polstellen im Sperrbereich verändert. Ebenso ist der Freiheitsgrad für die Größe der Induktivität seriell zwischen Ausgangsseite des Parallelresonators und Masse beschränkt. Durch den Zwang zur Miniaturisierung und auch aus Kostengründen werden die verwendeten Chips immer kleiner, was zur Folge hat, daß der induktive Anteil der Streifenleitung auf dem Chip nur begrenzt verändert werden kann. Die Länge und die damit korrelierende Induktivität der Bondverbindung kann innerhalb eines Gehäuses im Zuge der weiter fortschreitenden Miniaturisierung ebenfalls kaum mehr variiert werden. Außerdem ist die Induktivität, die sich

aus der Gehäusedurchführung ergibt, für ein gegebenes Gehäuse fixiert.

- Für SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp in weiter miniaturisierten Gehäusen ist also auch die Möglichkeit B nicht mehr in ausreichendem Maße gegeben, um die LO- und/oder Imageunterdrückung durch geeignet gesetzte Polstellen über einen großen Frequenzbereich von f_0 plus 100-800 MHz zu gewährleisten. Insbesondere bei der zukünftigen Verbindungstechnologie 'Flip-Chip-Technik', bei der statt der Bonddrähte Bumpverbindungen verwendet werden, ist es unmöglich, Polstellen bei relativ niedrigen Frequenzen, also im Bereich von 100 MHz oberhalb der Mittenfrequenz f_0 zu erzeugen, da die bei dieser Aufbautechnik vorhandenen Induktivitäten seriell zur Ausgangsseite eines Parallelresonators zu klein sind (siehe Formel 1.5) und die statischen Kapazitäten der Parallelzweige wegen der benötigten Selbstanpassung an 50Ω ebenfalls nicht groß genug gewählt werden können.
- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Weg anzugeben, wie ein Filter so gestaltet werden kann, daß eine verbesserte Sperrbereichsunterdrückung für bestimmte LO- und Imagefrequenzen über einen möglichen Bereich von 100 bis 800 MHz neben der Mittenfrequenz erhalten werden kann. Insbesondere soll ein Weg angegeben werden, Polstellen eines Reaktanzfilters ohne größere Einflüsse auf das übrige Filterverhalten in einen gewünschten Bereich nahe der Mittenfrequenz f_0 zu verschieben.
- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit einem Filter nach Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen und ein Verfahren zur Verschiebung von Polstellen sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.
- Erfindungsgemäß wird durch eine Verbindung der masseseitigen Ausgangsseiten der jeweils einen Resonator aufweisenden Parallelzweige auf dem Chip eine Verkopplung der Parallelzweige

erzeugt, wodurch die Frequenzlage der zugehörigen Polstelle (weiterhin auch als 'verkoppelte Polstelle' bezeichnet) in großem Maße verändert werden kann. Dadurch ist es möglich, ein SAW Filter zu erzeugen, das Polstellen bei niedrigeren Frequenzen aufweist, als sie durch die bisherige serielle Verschaltung der Parallelzweige mit den vorhandenen aufbaubedingten Induktivitäten gemäß der Formel (1.5) erreichbar waren. Auch ist es möglich, eine oder mehrere Polstellen bei einem gegebenen Filter über einen weiteren Frequenzbereich zu verschieben, als dies bei einem gegebenen Filter bislang möglich war. So kann mit der Erfindung eine Polstelle exakt bei der Frequenz erzeugt werden, an der eine große Selektion erforderlich ist, beispielsweise bei einer beliebigen LO - oder Imagefrequenz.

Damit können Selektionsanforderungen für die Unterdrückung von Signalen bei der Lokaloszillatorfrequenz (LO-Unterdrückung) und/oder bei der Spiegelfrequenz (Imageunterdrückung) auch in extrem kleinen Gehäusen mit sehr kleinen aufbaubedingten Induktivitäten noch erfüllt werden. So kann bei einer gegebenen Bond-, Leiter- oder Gehäusedurchführungsinduktivität eine oder mehrere Polstellen an eine gewünschte Frequenz verschoben werden, ohne daß es dazu einer Erhöhung der seriellen Induktivität bedarf. Zusätzlich kann natürlich auch noch die serielle Induktivität erhöht werden.

Zudem lassen sich die Anzahl der bereitgestellten Masseanbindungen unabhängig von der Anzahl der verwendeten Parallelzweige einstellen, was zu einem geringeren Platzbedarf führt. Gerade im Hinblick auf neue Verbindungstechnologien (Bumpverbindungen statt Bondverbindungen) und neue Gehäusetechnologien stellen die Ausführungsformen gemäß der Erfindung die einzige Möglichkeit zum Erreichen der oben genannten Selektionsanforderungen in miniaturisierten Gehäusen dar.

Im Folgenden soll das Prinzip zur Verschiebung der Polstellen gemäß der vorliegenden Erfindung anhand von Ausführungsbei-

spielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert werden. Die anschließenden konkreten Ausführungsformen sind Beispiele für die Anwendung in einem SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp.

5

Dabei zeigen

- Fig. 1 einen Eintor SAW-Resonator
- Fig. 2 das Ersatzschaltbild und Symbol für einen SAW-Resonator
- Fig. 3 ein Grundglied eines SAW-Filters nach dem Reaktanzfiltertyp
- Fig. 4 Zusammenwirken von Parallel- und Serienresonator
- Fig. 5 Kaskade zweier Grundglieder
- Fig. 6 Kaskade zweier Grundglieder
- Fig. 7 Diagramm eines Reaktanzfilters
- Fig. 8 Diagramm eines Reaktanzfilters mit der reduzierten Struktur s-p-s-p
- Fig. 9 Aufsicht auf ein SAW-Filter im Gehäuse ohne Deckel
- Fig. 10 Querschnitt durch ein SAW-Filter im Gehäuse
- Fig. 11a Polstelle
- Fig. 11b Ersatzschaltbild für das Dämpfungsverhalten eines Parallelzweiges
- Fig. 12 Ersatzschaltbild eines Filters
- Fig. 13 Ersatzschaltbild für das Dämpfungsverhalten eines SAW-Filters
- Fig. 14 Diagramm, das den Zusammenhang zwischen ΔL_{ser} und Polstelle zeigt
- Fig. 15 Abhängigkeit der Frequenzlage der Polstelle von der statischen Kapazität
- Fig. 16 Filter mit drei Grundgliedern
- Fig. 17 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
- Fig. 18 Dessen Dämpfungsverhalten
- Fig. 19 Filter mit vier Grundgliedern

10

- Fig. 20 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
Fig. 21 Dessen Dämpfungsverhalten
Fig. 22 Filter mit vier Grundgliedern
Fig. 23 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
Fig. 24 Dessen Dämpfungsverhalten
Fig. 25 Filter mit vier Grundgliedern
Fig. 26 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
Fig. 27 Dessen Filtercharakteristik
Fig. 28 Filter mit vier Grundgliedern
Fig. 29 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
Fig. 30 Filterstruktur mit Bumpverbindung
Fig. 31 Filterstruktur mit Bondverbindung

In Fig.12 ist eine einfache erfindungsgemäße Filterstruktur, die Ausschnitt einer größeren Filterstruktur mit weiteren Grundgliedern sein kann, symbolisch als Ersatzschaltbild dargestellt. Bei (mindestens) zweien der Parallelzweige mit den Parallelresonatoren R2 und R3 werden erfindungsgemäß bereits auf dem Chip (Substrat) 12-8 die Ausgangsseiten 12-6 und 12-7 elektrisch miteinander verbunden. Erst anschließend folgt eine z.B. eine Bondverbindung 12-5 umfassende Verbindung zum Gehäusemassepad 12-4.

In Fig. 13 ist das Ersatzschaltbild für den Frequenzbereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$, in dem bei jedem Resonator nur seine statische Kapazität C_0 wirkt, dargestellt. Das Selektionsverhalten eines SAW-Filters nach dem Reaktanzfiltertyp kann weitgehend mit diesem reduzierten Ersatzschaltbild beschrieben werden. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin (=Anschluß für Masse am Gehäuse) außen.

11

Es kommt zu einer Verkopplung der beiden bereits auf dem Chip elektrisch verbundenen Parallelzweige. Dies führt zu einer Frequenzlagenänderung der Polstellen im Sperrbereich. Anhand des Ersatzschaltbildes aus Fig. 13, das ein Zweitor Z dar-

5 stellt, läßt sich die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle bestimmen. Das Zweitor Z weist dann eine Polstelle auf, wenn die Impedanz gegen Masse zu Null wird.

$$Z_{21} = 0$$

Z_{21} ist dabei ein systematisch bezeichnetes Matrixelement aus der Impedanzmatrix. Zur Bestimmung von Z_{21} kann das Zweitor Z in eine Reihenschaltung der Zweitore Z' und Z'' aufgeteilt werden. Das Zweitor Z' umfaßt die Π -Schaltung aus den drei Kapazitäten C_{0p1} , C_{0p2} und C_{0s} . Das Zweitor Z'' umfaßt nur die Induktivität L_{ser} . Damit ergibt sich

$$Z'_{21} = \frac{1}{j\omega \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right)} \quad (2.1)$$

$$Z''_{21} = j\omega L_{ser} \quad (2.2)$$

Wobei j = die imaginäre Zahl darstellt

und $\omega = 2\pi f$

Mit

$$Z_{21} = Z'_{21} + Z''_{21} \quad (2.3)$$

folgt

$$Z_{21} = \frac{1 - \omega^2 L_{ser} \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right)}{j\omega \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right)} \quad (2.4)$$

Wird der Zähler des Ausdrucks von (2.4) zu Null

$$1 - \omega^2 L_{ser} \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right) = 0 \quad (2.5)$$

wird Z_{21} zu Null. Daraus erhält man für die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle

$$f_{\text{pol (verkoppelt)}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}\left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}}\right)}} \quad (2.6)$$

Im Vergleich zu den bisher ohne Verkopplung der Parallelzweige auf dem Chip erhaltenen Polstellen gemäß Formel (1.5)

$$f_{\text{pol1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}*C_{0p1}}} \quad (2.7)$$

und

$$f_{\text{pol2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}*C_{0p2}}} \quad (2.8)$$

ist deutlich ersichtlich, daß die zusätzlichen Kapazitätsanteile $\frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}}$ und C_{0p2} bzw. C_{0p1} die verkoppelte Polstelle bei gleicher Induktivität L_{ser} zu einer weit niedrigeren Frequenz verschiebt.

Zahlenbeispiel: Für ein bekanntes SAW Filter vom Reaktanzfiltertyp errechnet sich die Frequenz f_{pol} einer Polstelle zu

$$f_{\text{pol1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}*C_{0p1}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1\text{nH}*4\text{pF}}} = 2,52 \text{ GHz}$$

Dabei wurden für die serielle Induktivität L_{ser} und für die statische Kapazität C_{0p} typische Werte von 1nH und 4pF angenommen.

Werden zwei Parallelzweige verkoppelt, ergibt sich gemäß Formel 2.6 bei den gleichen angenommenen Werten für L_{ser} und C_{0p} und bei ebenso 4pF für C_{0s}

$$f_{\text{pol2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1\text{nH}*(4\text{pF} + 4\text{pF} + (4\text{pF})^2/4\text{pF})}} = 1,45 \text{ GHz}$$

Weist ein Filter mehrere Parallelzweige auf, so können auch mehrere Parallelzweige masseseitig miteinander verbunden werden, die weiterhin auch als 'verkoppelte Parallelzweige' bezeichnet werden. Für die Frequenzlage der verkoppelten Polstellen spielt die Anzahl und Kombination der verbundenen Parallelzweige eine entscheidende Rolle und ist bei der Auswahl der Filterstruktur für eine gewünschte Frequenzlage der Polstellen zu berücksichtigen.

Fig. 14 gibt die Abhängigkeit der Lage einer verkoppelten Polstelle von der Größe der Induktivität L_{ser} an. Die beiden Kurven 14-1 und 14-2 geben das Filterverhalten für das gleiche Filter an, wobei lediglich L_{ser} unterschiedlich gewählt ist. Es ergibt sich abhängig von L_{ser} eine unterschiedliche Frequenzlage der Polstellen, wobei die zu f_{pol1} gehörende Induktivität L_{ser1} kleiner ist als L_{ser2} . Je größer die Induktivität L_{ser} ist, desto größer ist die Verschiebung der Polstelle zu niedrigeren Frequenzen hin.

In kleinerem Maße läßt sich die Frequenzlage der Polstelle durch eine Variation des Produkts aus den statischen Kapazitäten der verkoppelten Parallelzweige

$$\Pi C_p = C_{op1} * C_{op2} \quad (2.9)$$

einstellen. Um das Filterverhalten im Passband und das allgemeine Selektionsniveau nicht zu verändern, kann eine solche Variation des Produkts aus den statischen Kapazitäten im Parallelzweig nur unter Beibehaltung ihrer Summe

$$\Sigma C_p = C_{op1} + C_{op2} = \text{constant} \quad (2.10)$$

durchgeführt werden.

Es kann folgende Methode angewandt werden: die statische Kapazität C_{op1} des ersten verkoppelten Parallelresonators wird um denselben Betrag C_{const} erhöht

$$C_{op1}(\text{neu}) = C_{op1} + C_{const} \quad (2.11)$$

14

wie die statische Kapazität C_{Op2} des zweiten verkoppelten Parallelresonators erniedrigt wird,

$$C_{Op2}(\text{neu}) = C_{Op2} - C_{\text{const}} \quad \text{mit } C_{\text{const}} < C_{Op2} \quad (2.12)$$

5 so daß sich zwar das Produkt ΣC_p ändert, die Summe der statischen Kapazitäten aber identisch bleibt

$$\Sigma C_p = C_{Op1}(\text{neu}) + C_{Op2}(\text{neu}) = C_{Op1} + C_{Op2} = \text{constant} \quad (2.13)$$

und keine Veränderungen des Passbandes oder des allgemeinen
10 Selektionsniveaus in Kauf genommen werden müssen.

Ist ein größerer Frequenzversatz der verkoppelten Polstelle notwendig, können die beteiligten statischen Kapazitäten C_{Op1} , C_{Op2} oder C_{Os} variiert werden. Sind mehr Parallelresonatoren
15 als die zwei zu verkoppelnden Parallelresonatoren vorhanden, so kann die Summe $C_{Op1} + C_{Op2}$ erhöht (oder erniedrigt) werden und zum Ausgleich die statische Kapazität eines nicht verkoppelten Parallelresonators derart erniedrigt (oder erhöht) werden, daß die Gesamtsumme aller statischen Kapazitäten in den
20 Parallelzweigen gleich bleibt. Dadurch wird das allgemeine Selektionsniveau beibehalten.

Fig. 15 zeigt, wie bei konstanter Induktivität L_{ser} durch eine Verringerung der Summe der statischen Kapazitäten $C_{Op1} + C_{Op2}$ der
25 verkoppelten Parallelzweige um den Faktor 1.2 die Frequenz der verkoppelten Polstelle erhöht wird. Zum Ausgleich wurde die statische Kapazität eines weiteren Parallelzweiges entsprechend erhöht.

30 Eine weitere Möglichkeit zur Verschiebung der verkoppelten Polstelle besteht darin, einen Parallelresonator P bewußt aufzusplitten in zwei einzelne zueinander parallele Resonatoren P' und P'' , wobei die Summe der Kapazitäten der aufgesplitteten einzelnen Resonatoren gleich der ursprünglichen
35 Kapazitäten C_{Op} ist:

$$C_{Op} = C'_{Op} + C''_{Op}.$$

Wird einer dieser Parallelresonatoren P' mit einem weiteren Parallelresonator verkoppelt, nicht jedoch mit dem Parallelresonator P'' , so kann die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle anhand des Teilungsverhältnisses $\frac{C_{0p}}{C'_{0p}}$ der statischen

- 5 Kapazität der aufgesplitteten Parallelresonatoren P' und P'' eingestellt werden, da nur C'_{0p} einen Einfluß auf die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle hat.

10 Zwischen verkoppelten Parallelzweigen kann ein einzelner oder mehrere Serienresonatoren angeordnet sein. Da auch die Größe der statischen Kapazität C_{0s} , die zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegt, die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle gemäß Formel 2.6 beeinflusst, kann mit folgender Methode ebenfalls die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle
15 verschoben werden.

- Sind weitere Serienresonatoren S_n außer dem oder den zwischen den verkoppelten Parallelzweigen liegenden Serienresonator S vorhanden, so kann dessen statische Kapazität C_{0s} erhöht
20 (oder erniedrigt) und zum Ausgleich die statische Kapazität der nicht zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegenden Serienresonatoren S_n derart erniedrigt (oder erhöht) werden, daß die Gesamtsumme aller statischen Kapazitäten in den Serienzweigen gleich bleibt. Dadurch wird das allgemeine
25 Selektionsniveau beibehalten und die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle verändert.

- Wie bereits erläutert ist der Bereich für die Variation der statischen Kapazitäten C_p im Parallelzweig und der seriellen
30 Induktivitäten L_{ser} (zwischen der Verbindung der Parallelzweige auf dem Chip und dem Außenanschluß am Gehäuse) begrenzt. Gleiches gilt daher auch für den Frequenzbereich, in dem die Polstellen verschoben werden können. Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen ermöglicht jedoch
35 der gemäß der Erfindung erreichte Variationsbereich für die Frequenzlage von Polstellen auch bei extrem miniaturisierten

Gehäusen die Herstellung von SAW Filtern mit einer für die Anwendung als HF-Filter im Mobilfunkbereich geforderten LO- und Imageunterdrückung.

- 5 Im folgenden werden nun konkrete Ausführungsformen für erfindungsgemäße Filter angegeben.

Ausführungsform 1 (siehe auch Fig.16 - Fig.18):

Man verwendet eine Struktur mit drei Grundgliedern. An das
 10 Eingangstor 16-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß sowohl der Parallelzweig als auch der Serienzweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweisen. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgt das dritte Grundglied. Mit
 15 dem Ausgangstor ist somit anders wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge $p-s - s-p - p-s$ für die Resonatoren, wobei p für Parallelresonator und s für Serienresonator steht. Prinzipiell können Ein- und Ausgangstor vertauscht werden,
 20 ohne die Filtereigenschaften zu ändern, wobei sich die Reihenfolge $s-p-p-s-s-p$ ergibt.

Wie bekannt können gleichartige Resonatoren unter Beibehaltung ihrer kapazitiven Wirkung auch zusammengefaßt werden.
 25 Damit ergeben sich folgende Strukturen mit minimaler Resonatorzahl:

$p-s-p-s$ bzw. $s-p-s-p$

30 aber auch Zwischenformen mit teilweisem Zusammenfassen der Resonatoren sind möglich:

$p-s-p-p-s$ bzw. $s-p-p-s-p$
 $p-s-s-p-s$ bzw. $s-p-s-s-p$

35 Der Einfachheit halber werden die Ausführungsformen im folgenden nur noch anhand von minimaler Resonatorzahl und ohne zusätzlichen Hinweis auf die Vertauschbarkeit von Ein- und Ausgangstor erklärt und in den Figuren dargestellt. Trotzdem

umfaßt die Erfindung auch Modifikationen nach obigem eben erläuterten Beispiel.

In Fig. 16 ist die Struktur der Ausführungsform 1 symbolisch dargestellt. Die beiden Parallelzweige werden bereits auf dem Chip elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt eine Verbindung zum Gehäuse. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig. 17 dargestellt. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen.

Das Filter hat eine Filtercharakteristik, die durch Kurve 18-1 in Fig. 18 gekennzeichnet ist. Der Vergleich mit der Filterkurve 18-2 (entspricht dem in Fig. 8 dargestellten Filter), bei der die Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden der Parallelzweige auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich mit einer typischen Induktivität $L_{\text{ser}} = 1.0 \text{ nH}$ verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei niedriger ZF-Frequenz) wird die Selektion um mehr als 10 dB erhöht.

25 **Ausführungsform 2 (siehe auch Fig.19 - Fig.21):**

In Fig.19 ist die Struktur einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform symbolisch dargestellt, bei der eine Struktur mit vier Grundgliedern verwendet wird. An das Eingangstor 19-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß sowohl der Parallelzweig als auch der Serienzweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweisen. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}} = Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 19-3 sind somit ebenso wie am Eingangstor sowohl ein Parallelzweig als auch ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

p-s-p-s-p

wobei *p* für Parallelresonator und *s* für Serienresonator steht. Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt.

5

Zwei der drei Parallelzweige werden bereits auf dem Chip elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt über die Induktivität $L_{\text{ser}2}$ eine Verbindung zum Gehäuse. Der verbleibende Parallelzweig wird unabhängig davon über die Induktivität $L_{\text{ser}1}$ mit dem Gehäuse verbunden. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig.20 dargestellt. Die Induktivität $L_{\text{ser}2}$ entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung 19-4 der Parallelresonatoren auf dem Chip (in der Figur durch die gestrichelte Linie dargestellt) und dem Gehäusemassepin außen.

In Fig. 21 zeigt die Kurve 21-1 die Filtercharakteristik des Filters aus Fig.19. Der Vergleich mit der Filterkurve 21-2, bei der die Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden von hier zwei der drei Parallelzweige auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich bei einer typischen Induktivität $L_{\text{ser}2} = 1.0\text{nH}$ zu niedrigeren Frequenzen verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei niedriger ZF-Frequenz) wird die Selektion um ca 10 dB erhöht.

Ausführungsform 3 (siehe auch Fig.22 - Fig.24):

In Fig. 22 ist die Struktur der erfindungsgemäßen Ausführungsform 3 symbolisch dargestellt. Man verwendet eine Struktur mit vier Grundgliedern. An das Eingangstor 22-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß nur der Serienzweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweist. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 22-3 ist somit ebenso wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang

zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

s-p-s-p-s

5 wobei *p* für Parallelresonator und *s* für Serienresonator steht. Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt. Die zwei Parallelzweige werden bereits auf dem Chip elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt eine Verbindung zum Gehäuse. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig. 23 dargestellt. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen. Das Filter aus Fig. 22 hat eine Filtercharakteristik, die durch Kurve 24-1 in Fig. 24 gekennzeichnet ist. Der Vergleich mit der Filterkurve 24-2, bei der die Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden von den zwei Parallelzweigen auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich bei einer typischen Induktivität $L_{\text{ser}} = 1.0 \text{ nH}$ verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei hoher ZF-Frequenz) wird die Selektion um mehr als 8 dB erhöht.

25 **Ausführungsform 4 (siehe auch Fig.25 - Fig.27):**

In Fig. 25 ist die Struktur der erfindungsgemäßen Ausführungsform 4 symbolisch dargestellt. Man verwendet eine Struktur mit vier Grundgliedern. An das Eingangstor 25-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß nur der Serienzweig mit dem Resonator R_{S1} eine Verbindung zum Eingangstor aufweist. Das zweite Grundglied wird gespiegelt angeschlossen wegen der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}} = Z_{\text{ein}}$. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 25-3 ist somit ebenso wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

s-p-s-p-p-s

Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt, im Gegensatz zur Ausführungsform 3 ist jedoch ein Parallelzweig bewußt wieder aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgt so, daß jeder Parallelresonator R_{p2} , R_{p3} ein eigenes Zweitor mit eigenen elektrischen Ein- und Ausgängen bildet. Der zusammengefaßte Parallelzweig mit dem Resonator R_{p1} wird mit einem der nicht zusammengefaßten zwei Parallelzweige (R_{p2}) bereits auf dem Chip am Punkt 25-2 elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt über L_{ser1} eine Verbindung zum Gehäuse. Der verbleibende Parallelzweig (R_{p3}) wird unabhängig davon mit dem Gehäuse verbunden. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f < f_0$ und $f > f_0$ ist in Fig. 26 dargestellt. Die Induktivität L_{ser1} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren R_{p1} und R_{p2} auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen, die Induktivität L_{ser2} entspricht einer Induktivität zwischen dem Parallelresonator R_{p3} auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen.

Das Filter aus Fig. 25 hat eine Filtercharakteristik, die durch Kurve 27-1 in Fig. 27 gekennzeichnet ist. Der Vergleich mit der Filterkurve 27-2, bei der die Ausgangsseiten der Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden von zwei der drei Parallelzweigen auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich bei einer typischen Induktivität $L_{ser1} = 1.0nH$ verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei hoher ZF-Frequenz) wird die Selektion um allgemein mehr als 5 dB erhöht. Wird entweder eine hohe LO- oder Imageunterdrückung verlangt, ist der Selektionsgewinn weit mehr als 10 dB.

Ausführungsform 5 (siehe auch Fig.28 - Fig.30):

In Fig. 28 ist die Struktur der erfindungsgemäßen Ausführungsform 5 symbolisch dargestellt. Man verwendet eine Struktur mit vier Grundgliedern. An das Eingangstor 28-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß nur der Serien-

zweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweist. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 28-3 ist somit ebenso wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

s-p-s-p-p-s

Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt, ähnlich wie bei der Ausführungsform 4 ist jedoch ein Parallelzweig bewußt wieder aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgt aber nicht in zwei voneinander unabhängige Parallelresonatoren, sondern vielmehr in Form eines Dreitores. Der Eingang für beide Parallelresonatoren besteht aus einer gemeinsamen Anschlußleiste 28-4, an der die anregenden Interdigitalfinger liegen. Die Anschlußleiste des Ausgangs ist in zwei Busbars 28-5 und 28-6 aufgeteilt, wobei jeder Busbar dem Ausgang eines der beiden Parallelresonatoren entspricht.

20

Der Parallelzweig mit dem Resonator R_{p1} wird mit einem der nicht zusammengefaßten Parallelresonatoren R_{p2} bereits auf dem Chip am Masseausgang 28-2 elektrisch miteinander verbunden. Erst anschließend erfolgt eine Verbindung zum Gehäuse. Der verbleibende Parallelzweig mit dem Parallelresonator R_{p3} wird unabhängig davon mit dem Gehäuse verbunden. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig. 29 dargestellt. Es ist prinzipiell vergleichbar mit dem Ersatzschaltbild in Fig. 26. Die Induktivität L_{ser1} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren R_{p1} und R_{p2} auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen, die Induktivität L_{ser2} einer weiteren Induktivität zwischen dem nicht verkoppelten Resonator R_{p3} und dem Gehäusemassepin außen.

35

Das Filter aus Fig. 28 hat eine Filtercharakteristik, die sich von dem Filter aus Fig. 26 nicht unterscheidet und daher

auch durch Kurve 27-1 in Fig. 27 gekennzeichnet ist. Im Gegensatz zur Ausführungsform 4 wird hier eine andere Form der Aufteilung eines Parallelresonators gezeigt, die sich wesentlich im Layout, aber nicht in der Wirkung auf das Selektionsverhalten unterscheidet.

Figur 31 zeigt ausschnittsweise eine erfindungsgemäße Filterstruktur als schematischen Draufblick auf ein Substrat. Die Resonatoren R sind als Interdigitalwandler dargestellt. Die beiden verkoppelten Resonatoren R_{p1} und R_{p2} im Parallelzweig sind auf dem Substrat elektrisch miteinander verbunden und weisen eine gemeinsame Masseanbindung 31-1 auf, die durch einen Bonddraht 31-2, der einen Teil der Induktivität L_{ser} darstellt, mit einer Masseanschlußfläche 31-3 verbunden ist. Die Verbindung auf dem Substrat ist hier durch eine Streifenleitung realisiert, kann aber auch einen Bonddraht umfassen. Obwohl hier nur zwei verkoppelte Resonatoren dargestellt sind, umfaßt die Erfindung auch Filter mit mehr als zwei verkoppelten Resonatoren.

Ausführungsform 6:

Es folgt nun die Beschreibung einer sechsten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung, die in Fig. 30 ausschnittsweise dargestellt ist. Man verwendet ein SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp mit mindestens zwei Parallelzweigen. Bei mindestens zwei aller vorhandenen Parallelzweige R2 und R3 werden bereits auf dem Chip elektrisch die Ausgangsseiten (30-3 und 30-4) der Parallelresonatoren elektrisch miteinander verbunden. Erst anschließend folgt eine Verbindung 30-5 zum Gehäuse. Die verbleibenden Parallelzweige werden unabhängig davon mit dem Gehäuse verbunden. Die Verbindung des Chips (30-1) zum Gehäuse ist nicht wie bisher als Bondverbindung ausgeführt, sondern wird durch eine Bumpverbindung (30-5) hergestellt.

Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ hat sich gegenüber dem allgemeinen Ausfüh-

rungsbeispiel nicht verändert und ist aus Fig. 13 ersichtlich. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen. Bei einem Aufbau in der Bumptechnologie ist der Wert für die Induktivität L_{ser} gegenüber einer Ausführung mit Bonddraht stark reduziert, da die Bumpverbindung selbst im Gegensatz zu einer Bondverbindung nahezu keine Induktivität besitzt. Es verbleiben noch der induktive Anteil der Streifenleitung auf dem Chip und die Gehäusedurchführungsinduktivität bis zum externen Gehäusemassepin.

Prinzipiell lassen sich alle bisher gezeigten Ausführungsformen und auch solche mit mehr als vier Grundgliedern mit mindestens zwei bereits auf dem Chip elektrisch verbundenen Parallelzweigen an der Ausgangsseite in Verbindung mit der Bumptechnologie realisieren. Die Filtercharakteristiken sind prinzipiell auch vergleichbar, jedoch ist der für die serielle Induktivität L_{ser} erreichbare Wert geringer. Um die geforderten Selektionen z.B. im Bereich der LO- und/oder Imageunterdrückung zu erzielen, ist es um so mehr notwendig, die erfindungsgemäße Methode zur gezielten Variation des Sperrbereichs zu verwenden. Die Erfindung bietet außerdem den Vorteil, die Anzahl der notwendigen Massebumps und damit die Chipfläche für Masseanschlüsse zu reduzieren. Dadurch kann das gesamte SAW-Filter noch weiter miniaturisiert werden.

Patentansprüche

1. SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp

mit zumindest einem, auf einem piezoelektrischen Substrat (12-8) ausgebildeten Grundglied (R1, R2), welches einen ersten SAW-Resonator (R2) in einem parallelen Zweig und einen zweiten SAW-Resonator (R1) in einem seriellen Zweig umfaßt,

mit zumindest einem dritten SAW-Resonator (R3) in einem weiteren parallelen Zweig,

mit einer auf dem Substrat ausgebildeten elektrischen Verbindung der Masseseiten (12-6, 12-7) des ersten SAW-Resonators (R1) im parallelen Zweig und eines dritten SAW-Resonators (R3) in einem weiteren parallelen Zweig, wobei die elektrische Verbindung vor der Anbindung (12-5) an das Gehäuse erfolgt.

2. SAW-Filter nach Anspruch 1,

bei welchem die elektrische Verbindung eine Streifenleitung auf dem Substrat umfaßt.

3. SAW-Filter nach Anspruch 1 oder 2,

bei welchem die elektrische Verbindung eine Bondverbindung zwischen zwei Pads auf dem Substrat umfaßt.

4. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

bei welchem sich mindestens zwei der statischen Kapazitäten C_{Op1} und C_{Op2} der elektrisch an der Masseseite verbundenen Parallelresonatoren voneinander unterscheiden: $C_{Op1} \neq C_{Op2}$.

5. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei welchem ein Parallelresonator P in zwei einzelne Parallelresonatoren P', P'' aufgeteilt und der einzelne Parallelresonator P' an der Ausgangsseite mit mindestens einem weiteren Parallelresonator an der Masseseite elektrisch verbunden ist.

6. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

25

bei welchem die Gehäuseanbindung der elektrisch verbundenen Masseseiten von mindestens zwei Parallelresonatoren eine Bondverbindung (31-2) umfaßt.

- 5 7. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei welchem die Gehäuseanbindung der elektrisch verbundenen
Masseseiten von mindestens zwei Parallelresonatoren eine
Bumpverbindung (30-5) umfaßt.
- 10 8. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
welches durch Flip-Chip-Technik in ein Gehäuse eingebaut ist.
9. SAW-Filter nach Anspruch 8,
bei welchem die Gesamtfiltergröße kleiner oder gleich
15 $2.5 \times 2.0\text{mm}^2$ ist
10. Verfahren zum Verschieben einer Polstelle in einem SAW
Filter nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem die statische Kapazität C_{0p} von mindestens einem
20 verkoppelten Parallelresonator erhöht oder erniedrigt wird
und zum Ausgleich die statische Kapazität eines oder mehrerer
nicht verkoppelten Parallelresonatoren so erniedrigt oder er-
höht wird, daß die Gesamtsumme ΣC_{0p} der statischen Kapazitä-
ten aller Parallelresonatoren identisch bleibt.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem die statische Kapazität C_{0s} von mindestens einem
Serienresonator zwischen zwei an der Masseseite verbundenen
Resonatoren im parallelen Zweig gegenüber einem Ausgangswert
30 erhöht oder erniedrigt wird und zum Ausgleich die statische
Kapazität eines oder mehrerer nicht in dem seriellen Zweig
zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegenden Seri-
enresonators so erniedrigt oder erhöht wird, daß die Gesamt-
summe ΣC_{0s} der statischen Kapazitäten aller Serienresonatoren
35 identisch bleibt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 und 10 oder 11,
bei dem ein Resonator in einem parallelen Zweig in Parallel-
resonatoren P' und P'' aufgeteilt ist und bei dem durch das
Teilungsverhältnis der statischen Kapazitäten der aufgeteil-
ten Parallelresonatoren P' und P'' die statische Kapazität
5 C_{op} eines der beiden verkoppelten Parallelresonatoren vari-
iert und damit die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle
eingestellt wird.
- 10 13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem das Produkt ΠC_{op} der statischen Kapazitäten C_{op1}
und C_{op2} der an der Ausgangsseite elektrisch verbundenen Par-
allelresonatoren dadurch variiert wird, daß die statische Ka-
pazität C_{op1} des ersten Parallelresonators um den gleichen
15 Betrag C_{const} erhöht wird wie die statische Kapazität C_{op2}
des zweiten Parallelresonators erniedrigt wird, so daß die
Summe der statischen Kapazitäten identisch bleibt

1/18

FIG 1

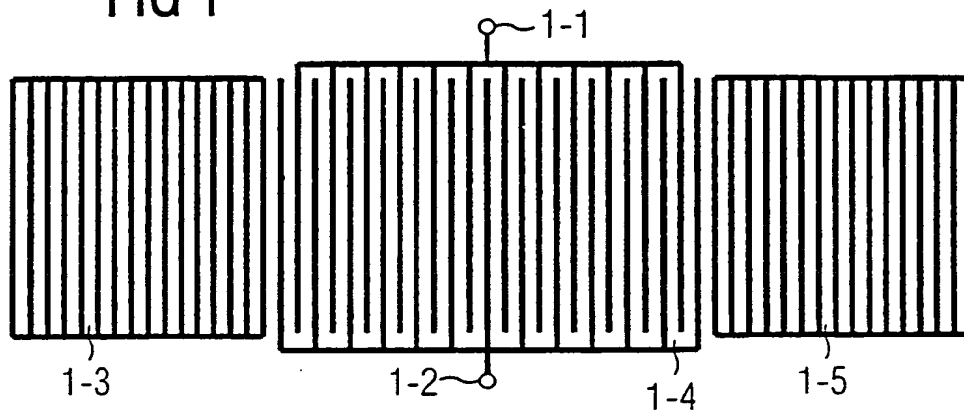


FIG 2

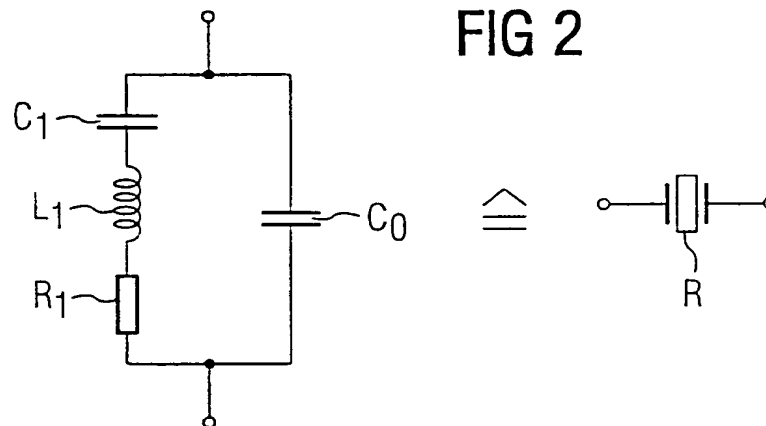
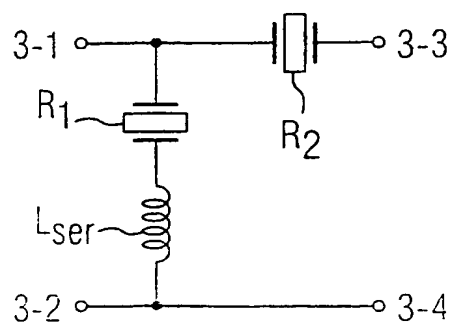


FIG 3



2/18

FIG 4

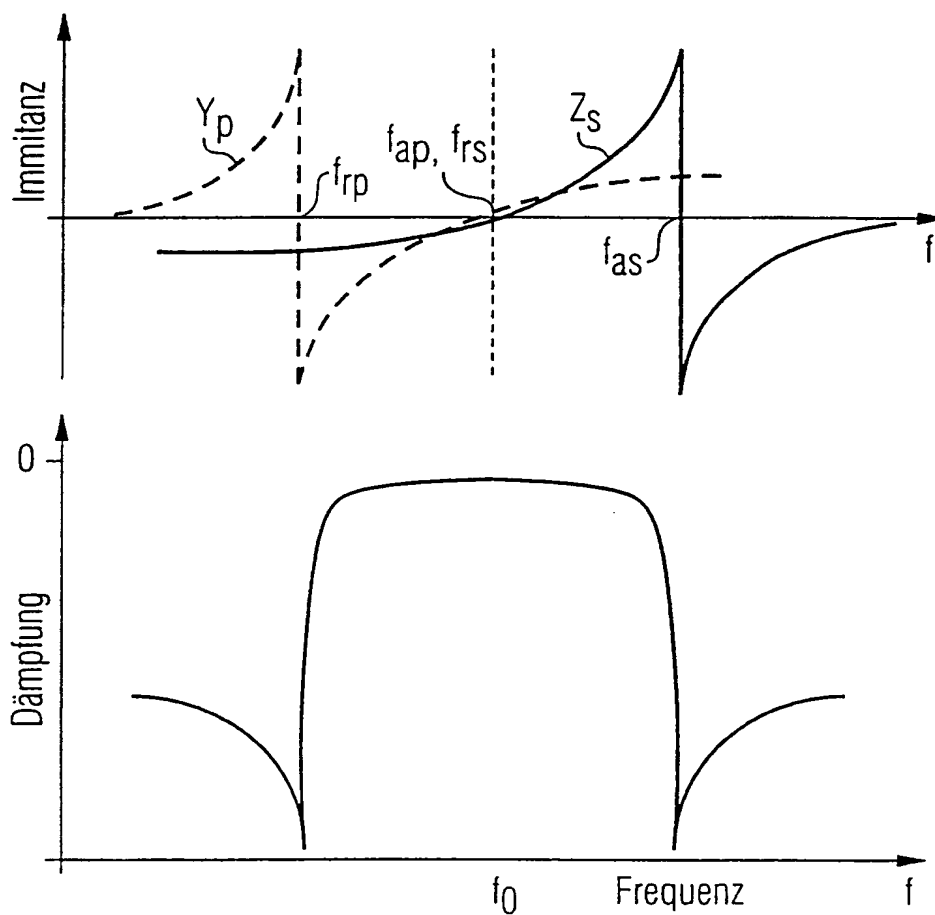
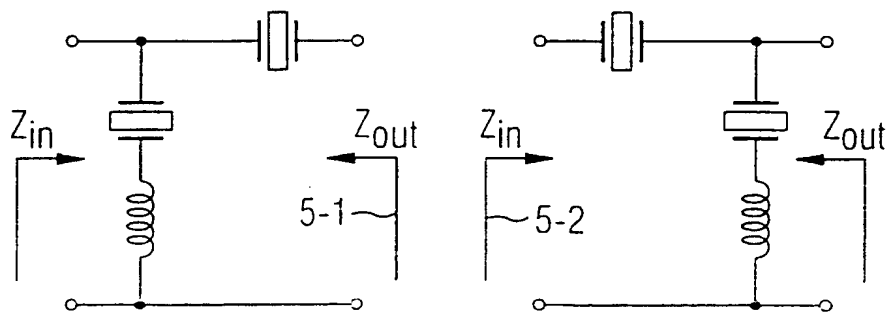


FIG 5



3/18

FIG 6

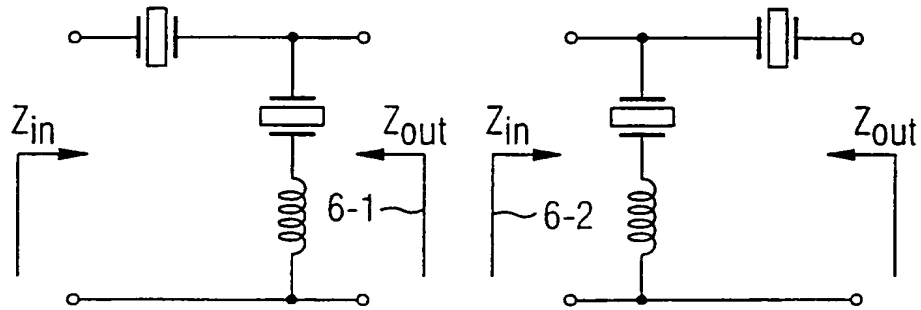


FIG 7

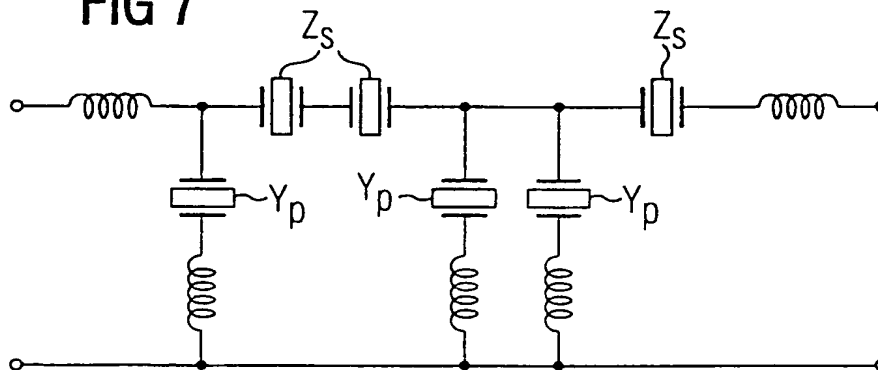
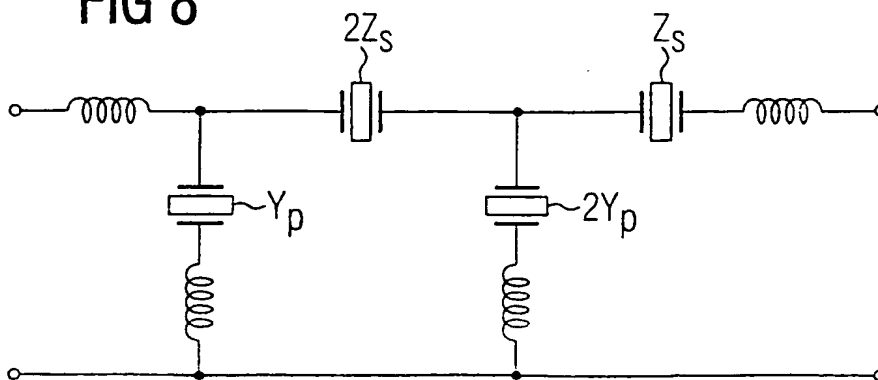


FIG 8



4/18

FIG 9

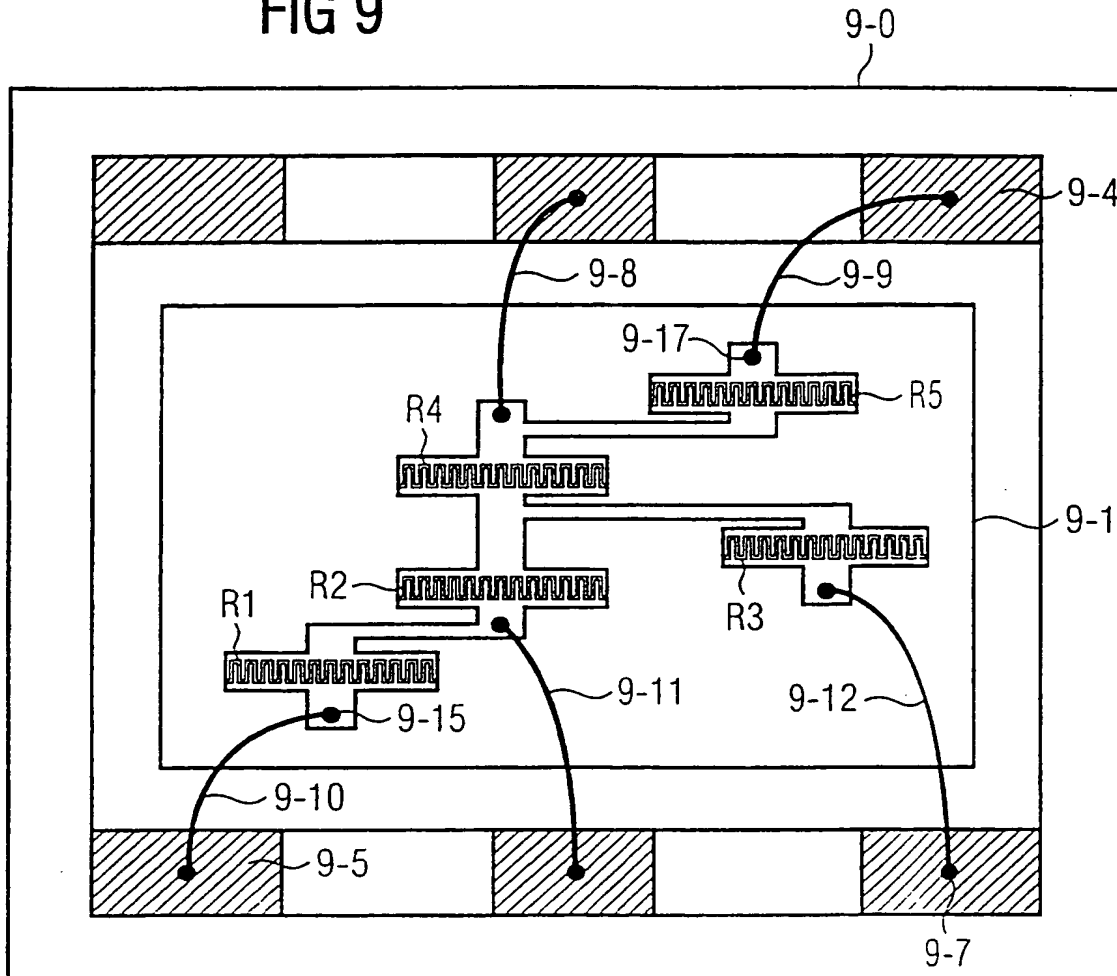
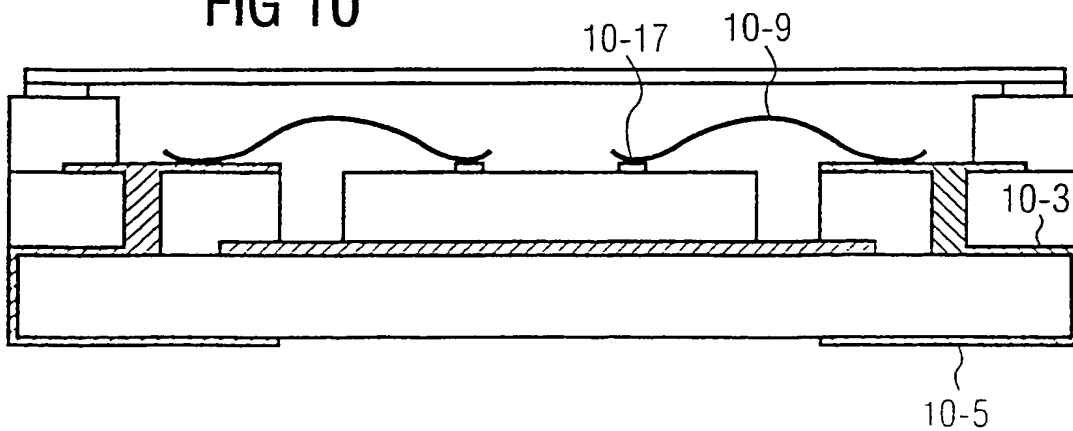


FIG 10



5/18

FIG 11A

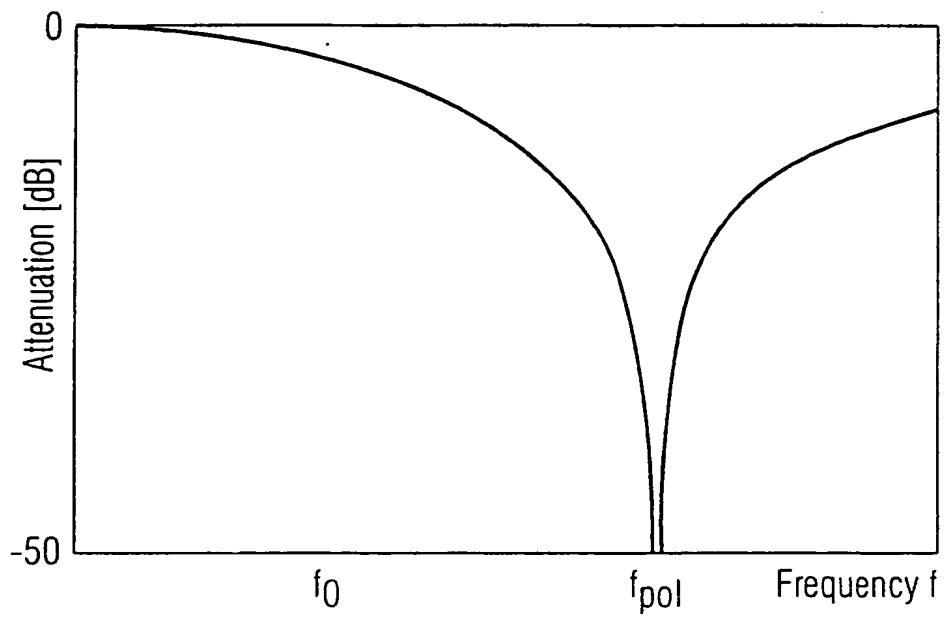
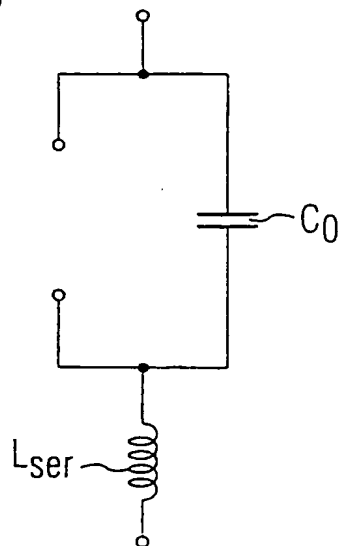


FIG 11B



6/18

FIG 12

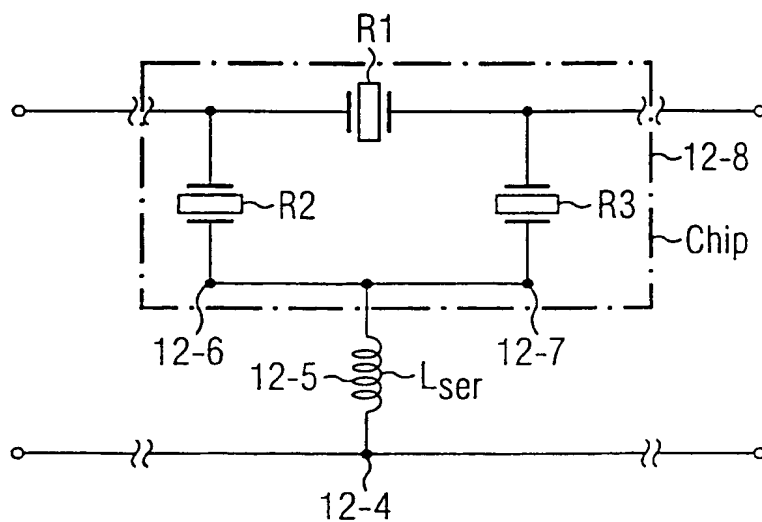
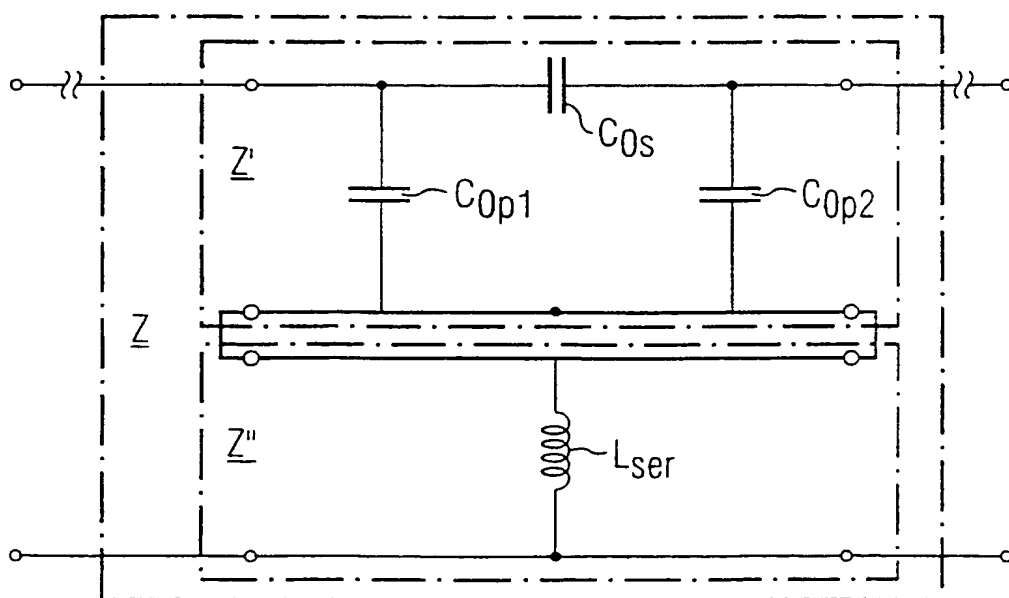


FIG 13



7/18

FIG 14

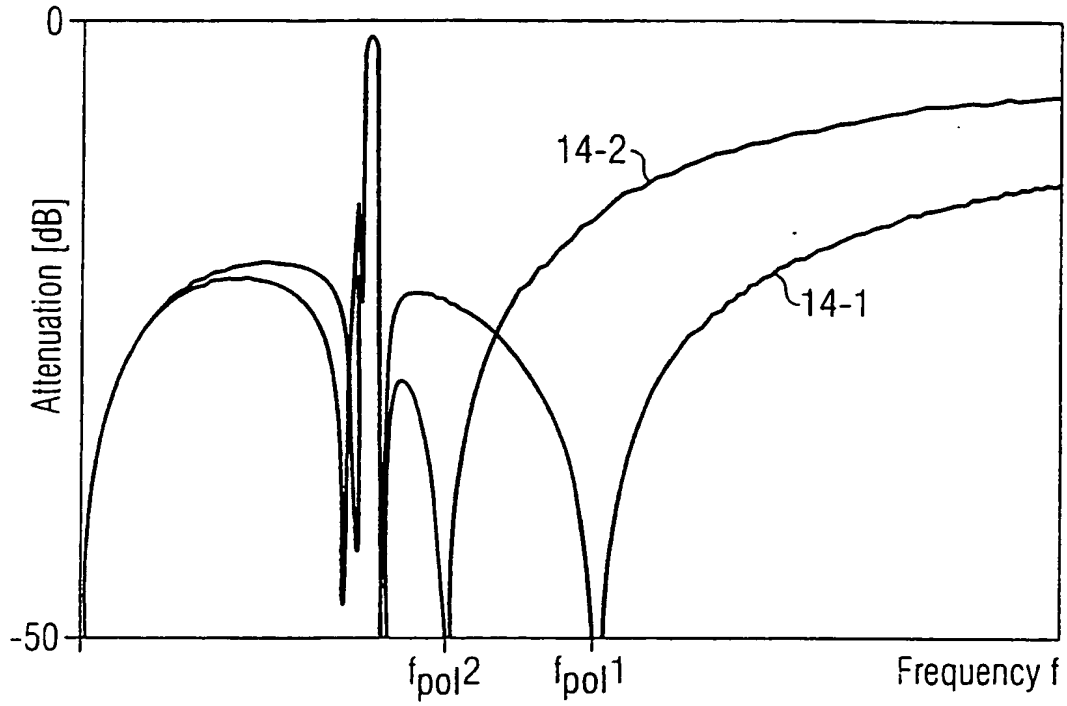
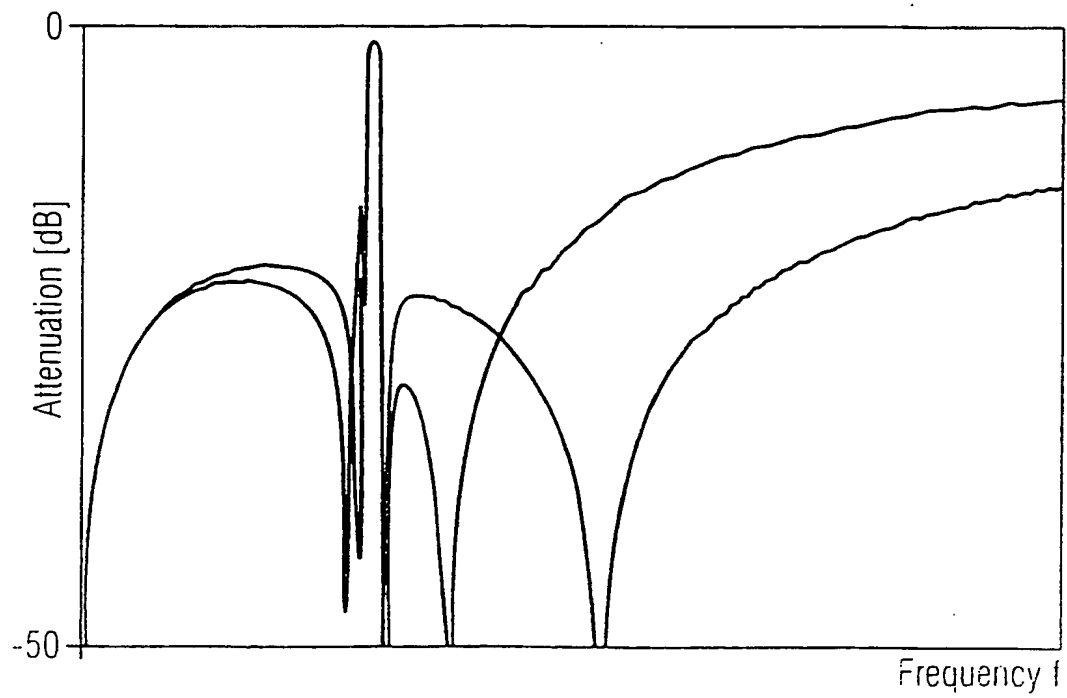


FIG 15



8/18

FIG 16

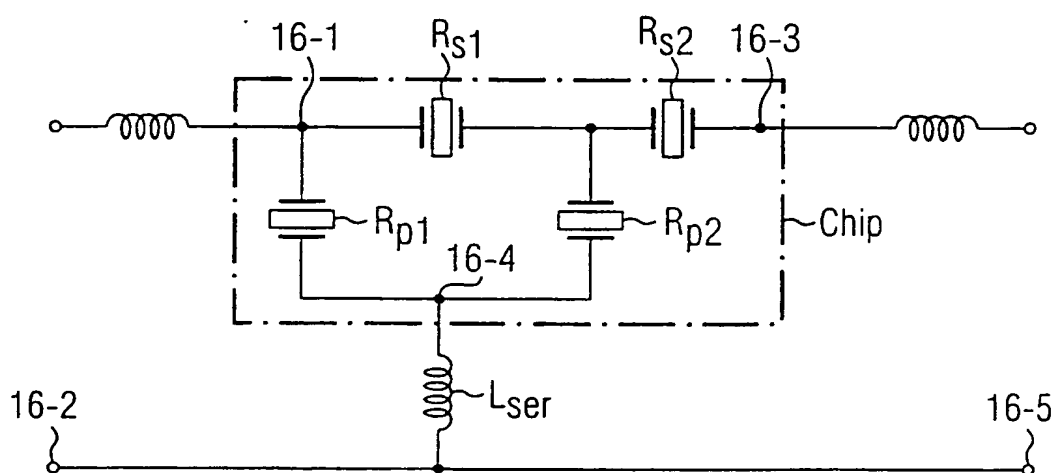
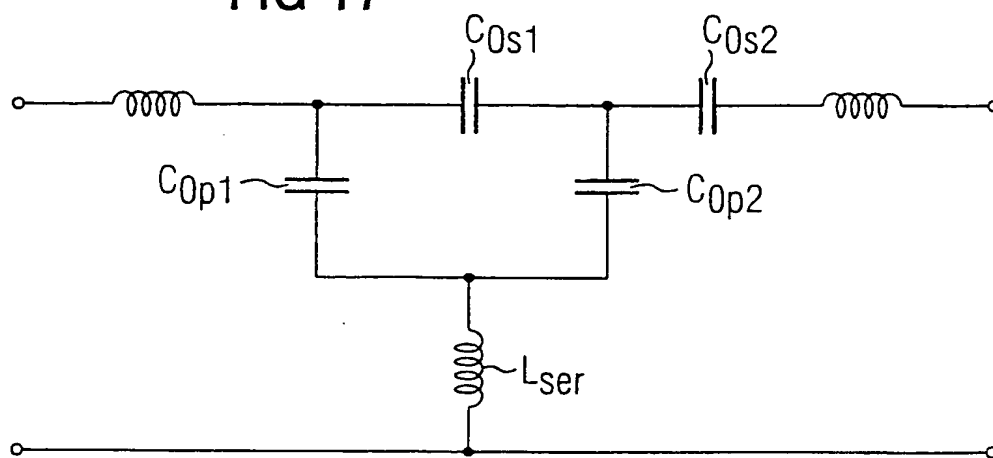
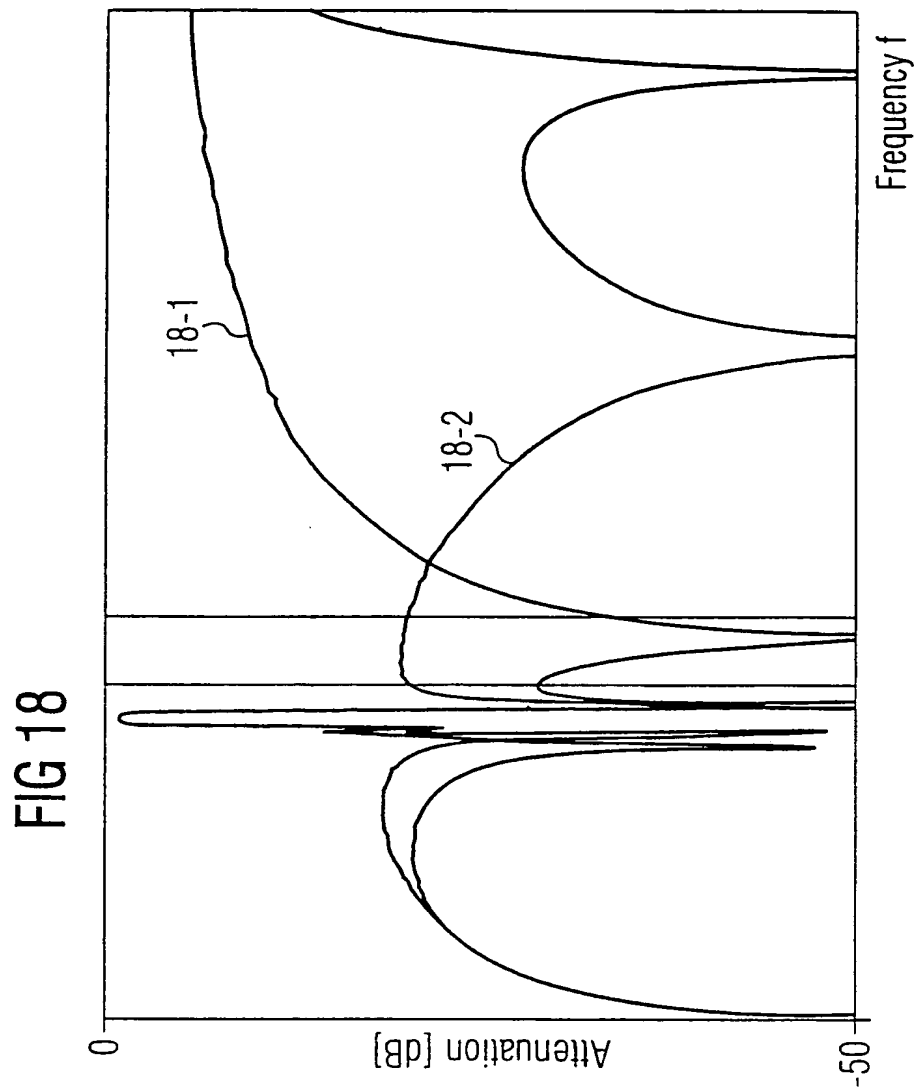


FIG 17



9/18



10/18

FIG 19

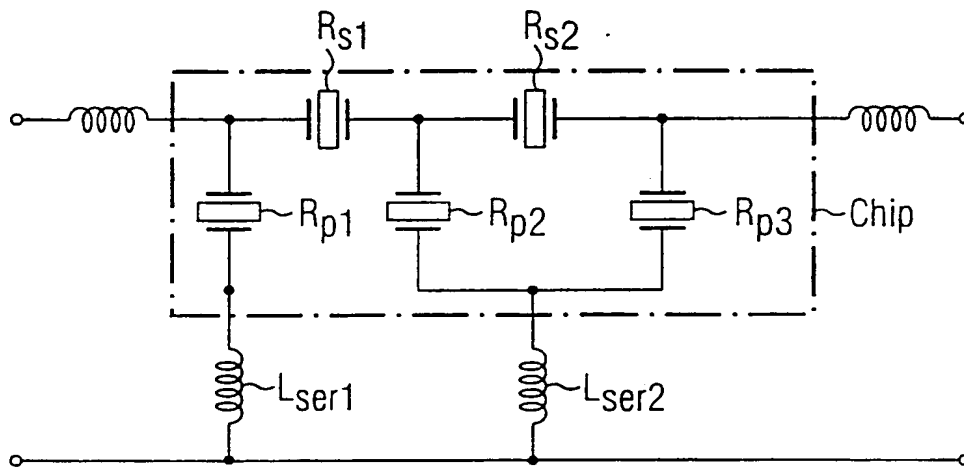
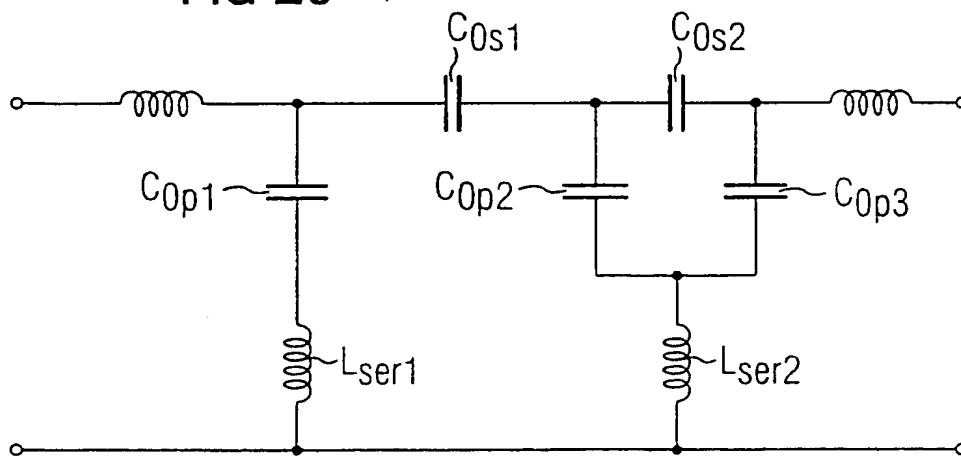
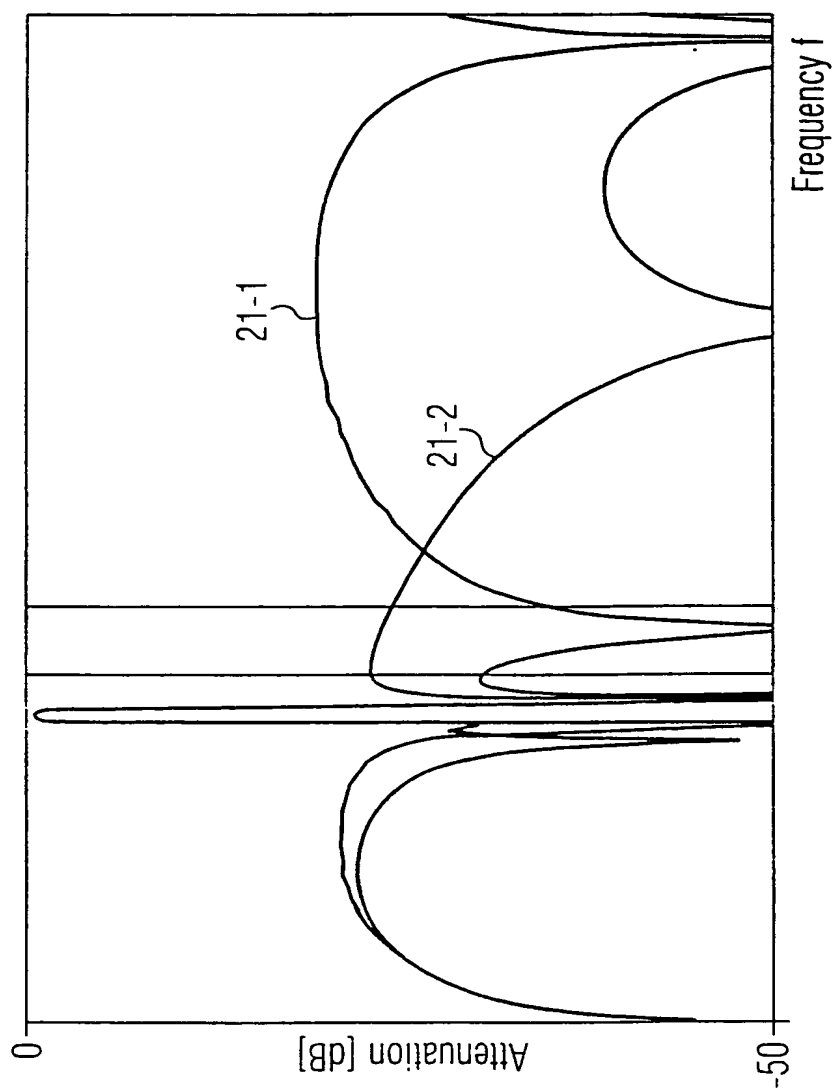


FIG 20



11/18

FIG 21



12/18

FIG 22

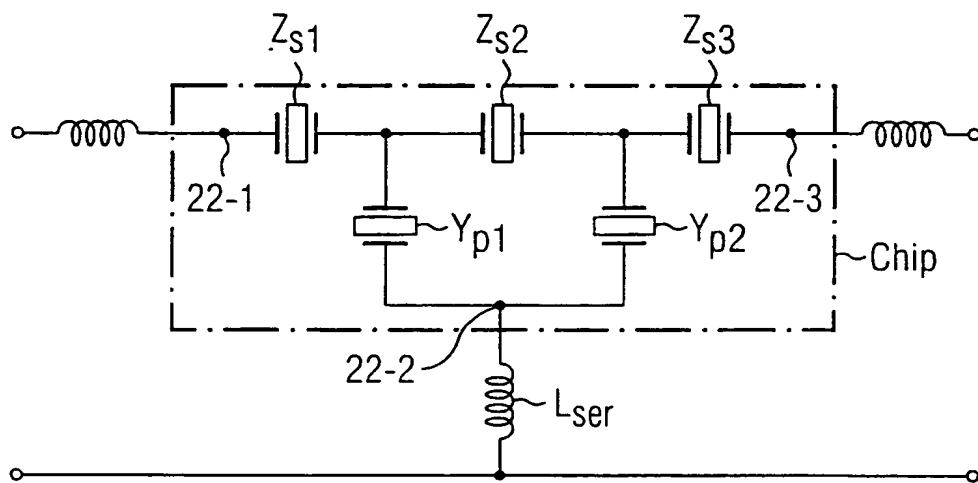
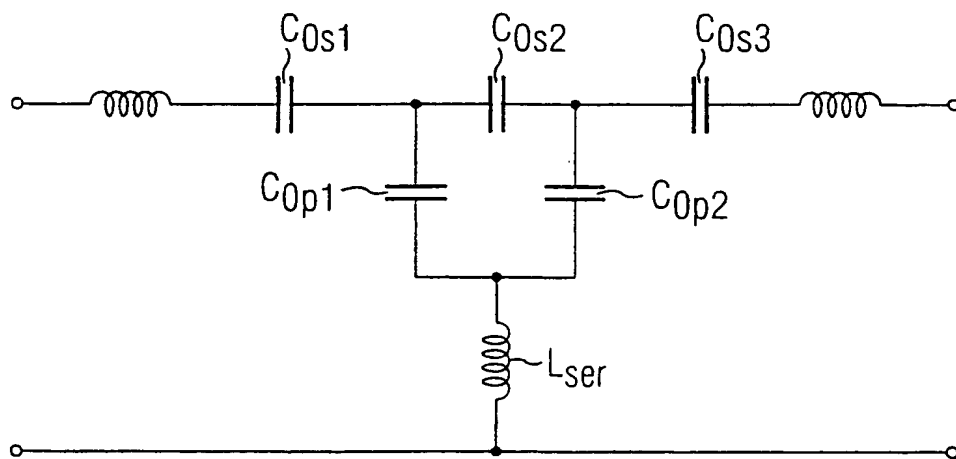
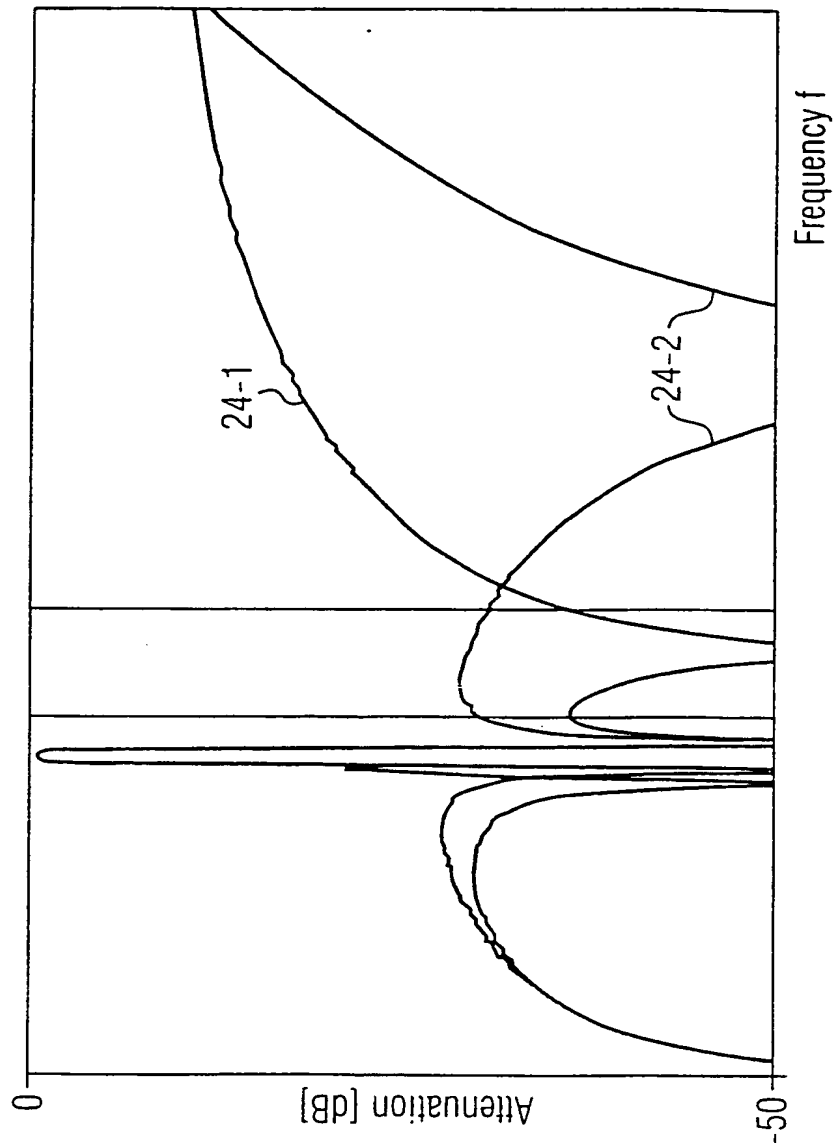


FIG 23



13/18

FIG 24



14/18

FIG 25

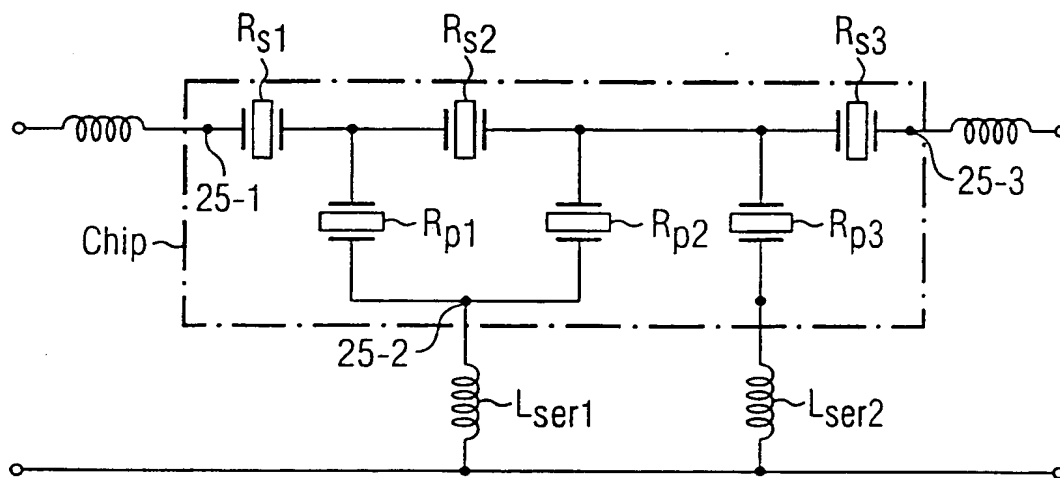


FIG 26

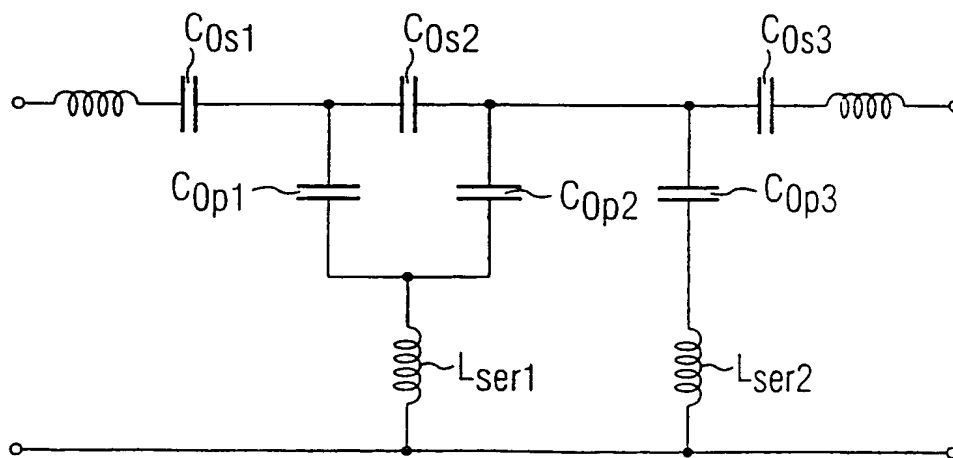
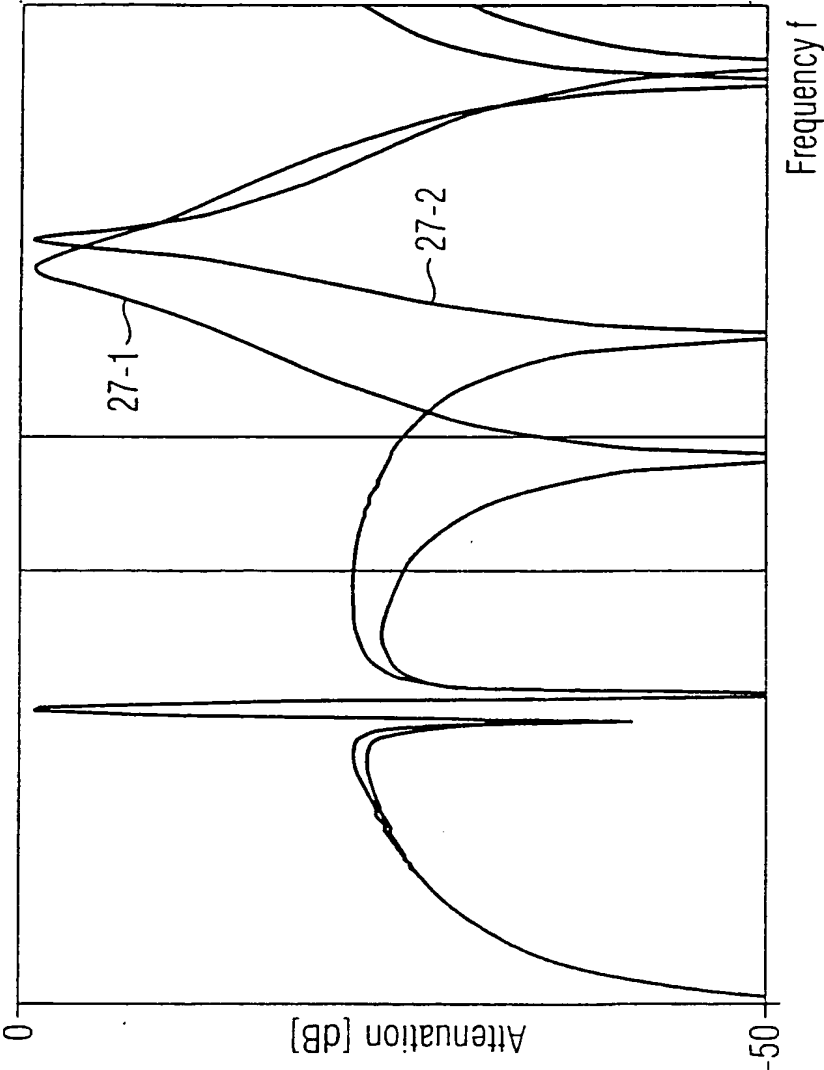


FIG 27



16/18

FIG 28

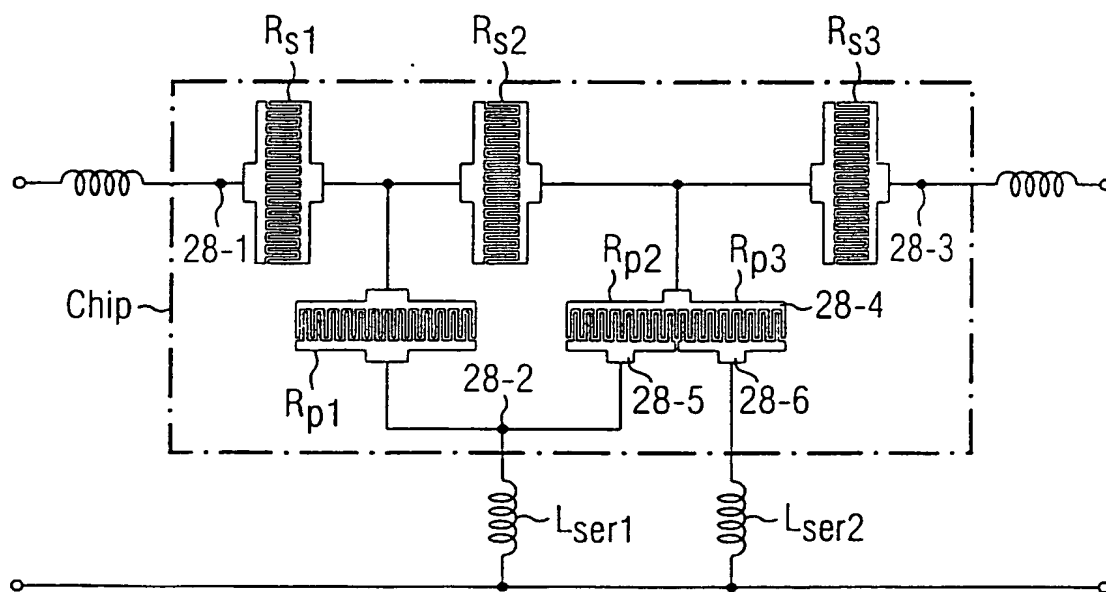
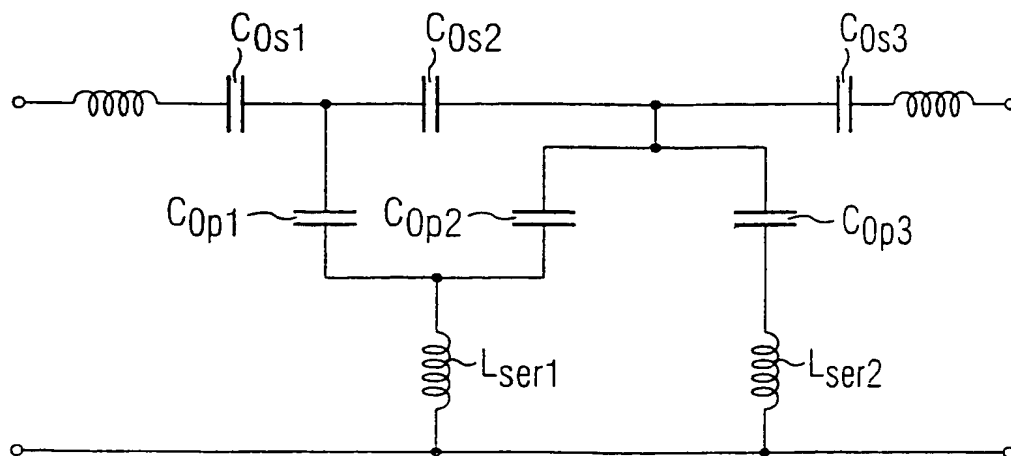
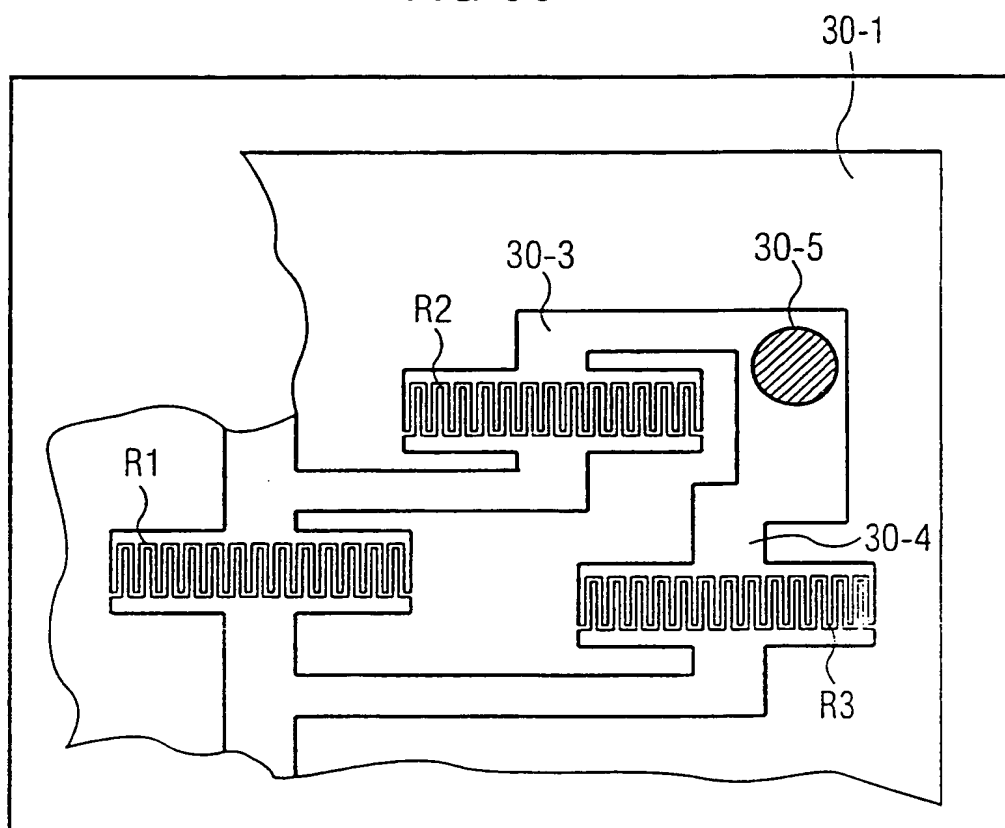


FIG 29



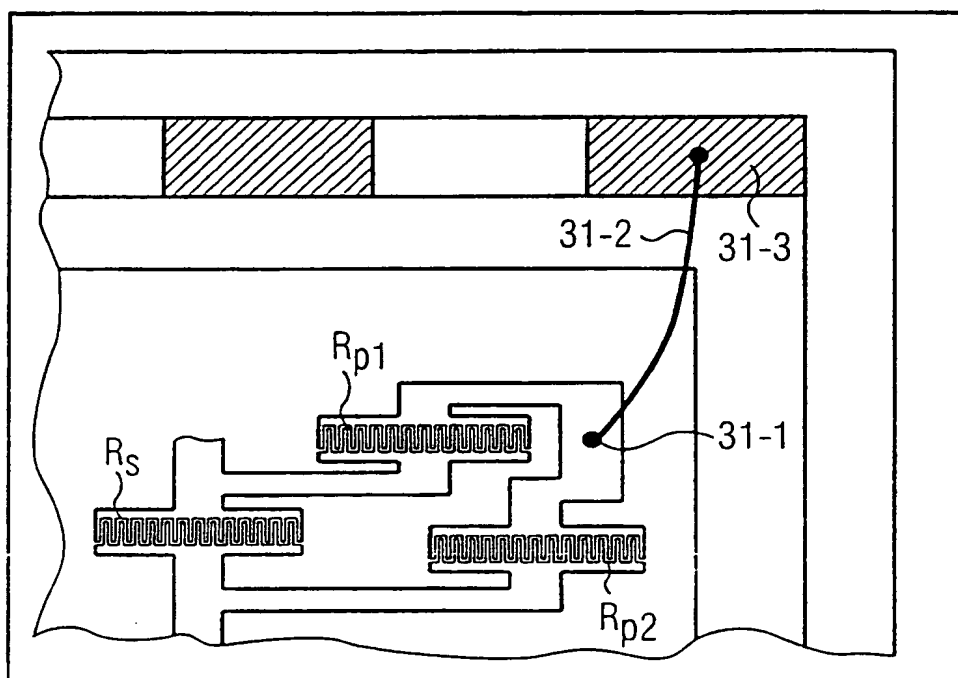
17/18

FIG 30



18/18

FIG 31



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interr. Patent Application No

PCT/DE 00/02202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H03H9/64

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHEDMinimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 878 902 A (FUJITSU TOWA ELECTRON LIMITED ;FUJITSU LTD (JP)) 18 November 1998 (1998-11-18)	1,2,6
A	column 9, line 36-40; figure 9 ---	5
X	EP 0 862 266 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 2 September 1998 (1998-09-02)	1,2
A	page 6, line 48 -page 7, line 7; figures 10-12,23 page 8, line 1-17 ---	5
A	EP 0 897 218 A (MURATA MANUFACTURING CO) 17 February 1999 (1999-02-17)	4
	column 16, line 40 -column 17, line 1 ---	
A	DE 197 30 710 A (SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS) 21 January 1999 (1999-01-21) column 6, line 5-31; figure 7 ---	12,13
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2000

Date of mailing of the international search report

04/12/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coppieters, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Patent Application No

PCT/DE 00/02202

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MINEYOSHI S ET AL: "ANALYSIS AND OPTIMAL SAW LADDER FILTER DESIGN INCLUDING BONDING WIRE AND PACKAGE IMPEDANCE" IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS,US,NEW YORK, NY: IEEE, 5 October 1997 (1997-10-05), pages 175-178, XP000848470 ISBN: 0-7803-4154-6 the whole document</p> <p>-----</p>	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Application No

PCT/DE 00/02202

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0878902 A	18-11-1998	JP 10313216 A US 5874866 A	24-11-1998 23-02-1999
EP 0862266 A	02-09-1998	JP 10224178 A JP 10303696 A CN 1190823 A US 5905418 A	21-08-1998 13-11-1998 19-08-1998 18-05-1999
EP 0897218 A	17-02-1999	JP 11055067 A US 5999069 A	26-02-1999 07-12-1999
DE 19730710 A	21-01-1999	CN 1263647 T WO 9904490 A EP 0995265 A	16-08-2000 28-01-1999 26-04-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H03H9/64

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 878 902 A (FUJITSU TOWA ELECTRON LIMITED ;FUJITSU LTD (JP)) 18. November 1998 (1998-11-18)	1,2,6
A	Spalte 9, Zeile 36-40; Abbildung 9 ---	5
X	EP 0 862 266 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 2. September 1998 (1998-09-02)	1,2
A	Seite 6, Zeile 48 -Seite 7, Zeile 7; Abbildungen 10-12,23 Seite 8, Zeile 1-17 ---	5
A	EP 0 897 218 A (MURATA MANUFACTURING CO) 17. Februar 1999 (1999-02-17) Spalte 16, Zeile 40 -Spalte 17, Zeile 1 ---	4
A	DE 197 30 710 A (SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS) 21. Januar 1999 (1999-01-21) Spalte 6, Zeile 5-31; Abbildung 7 ---	12,13
	--- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. November 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

04/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coppieters, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>MINEYOSHI S ET AL: "ANALYSIS AND OPTIMAL SAW LADDER FILTER DESIGN INCLUDING BONDING WIRE AND PACKAGE IMPEDANCE" IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS,US,NEW YORK, NY: IEEE, 5. Oktober 1997 (1997-10-05), Seiten 175-178, XP000848470 ISBN: 0-7803-4154-6 das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-13

INTERNATIONALER RESEARCH REPORT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 00/02202

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0878902 A	18-11-1998	JP 10313216 A	24-11-1998
		US 5874866 A	23-02-1999
EP 0862266 A	02-09-1998	JP 10224178 A	21-08-1998
		JP 10303696 A	13-11-1998
		CN 1190823 A	19-08-1998
		US 5905418 A	18-05-1999
EP 0897218 A	17-02-1999	JP 11055067 A	26-02-1999
		US 5999069 A	07-12-1999
DE 19730710 A	21-01-1999	CN 1263647 T	16-08-2000
		WO 9904490 A	28-01-1999
		EP 0995265 A	26-04-2000

1

1

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE
in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 31 January 2001 (31.01.01)	
International application No. PCT/DE00/02202	Applicant's or agent's file reference 1999 P 2288 P
International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)	Priority date (day/month/year) 13 July 1999 (13.07.99)
Applicant SELMEIER, Peter	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
08 December 2000 (08.12.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Christelle Croci Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 18 OCT 2001

WIPO

PCT


Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999 P 2288 P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02202	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 13/07/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H03H9/64		
Anmelder EPCOS AG et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 9 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 2 Blätter.

- Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☒ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☐ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 08/12/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 16.10.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Naumann, O Tel. Nr. +49 89 2399 7468



I. Grundlag des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-23 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

1-7 eingegangen am 30/07/2001 mit Schreiben vom 27/07/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/18-18/18 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02202

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☒ Ansprüche, Nr.: 8-13
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☒ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).
siehe Beiblatt

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Folgende Teile der Anmeldung wurden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

- ☐ die gesamte internationale Anmeldung.
☒ Ansprüche Nr. 1-6.

Begründung:

- ☐ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):
- ☒ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie hierzu nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. 1-6 sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):
siehe Beiblatt
- ☒ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. 1-6 sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.

2. Eine sinnvolle internationale vorläufige Prüfung kann nicht durchgeführt werden, weil das Protokoll der Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenzen nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht:

- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.
☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Zu Punkt I

Grundlage des Berichts

Der neue Anspruch 7 genügt nicht den Anforderungen von Art. 34 (2) (b) PCT, da sein Gegenstand über den Inhalt der ursprünglich eingereichten Anmeldung hinausgeht. Daher wird gemäß Regel 70 (2) (c) PCT dieser Bericht so erstellt, als wäre dieser Anspruch nicht eingereicht worden. Entsprechend wird keine Stellungnahme hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit abgegeben.

Der Anspruch, der sich auf Anspruch 1 bezieht, behandelt ein Verfahren, bei dem "die Verkopplung der beiden Parallelresonatoren mit einer Bondverbindung vorgenommen wird". Nach der ursprünglich eingereichten Anmeldung muss die Verbindung der beiden Parallelresonatoren jedoch **auf dem Substrat ausgebildet sein** - eine Bondverbindung hat jedoch zwingend einen Teil, der **keinen** physischen Kontakt mit dem Substrat hat. Sollte beabsichtigt gewesen sein, zu definieren, dass die Anbindung **an das Gehäuse** mit einer Bondverbindung vorgenommen wird, so sei angemerkt, dass dies aus dem Anspruch selbst nicht hervorgeht. Zudem ist dies bereits Gegenstand des neuen Anspruches 5.

Basis in der ursprünglich eingereichten Anmeldung für wesentliche Änderungen in den neuen Ansprüchen:

Anspruch 1: Ursprüngliche Ansprüche 1 und 10

Ansprüche 2 bis 6: Ursprüngliche Ansprüche 11, 12, 13, 6 und 7, respektive.

Zu Punkt III

Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

Der **Anspruch 1** erfüllt nicht die Erfordernisse von Art. 6 PCT, da sein Gegenstand nicht durch die Beschreibung gestützt ist und nicht klar ist. Dies wird unter Punkt VIII weiter unten genauer ausgeführt. Selbst wenn man Anspruch 1 als auf Grundlage der Beschreibung ergänzt list, gilt gleiches auch für den abhängigen **Anspruch 3**.

Zu Punkt VII

Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Entgegen den Erfordernissen von Regel 5.1 (a) (ii) PCT ist der einschlägige Stand der Technik der Dokumente D1 und D3 nicht in der Beschreibung erwähnt.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Der unabhängige Anspruch 1 ist nicht klar, nicht von der Beschreibung gestützt und es fehlen wesentliche technische Merkmale. Daher sind die Voraussetzungen von Art. 6 PCT nicht erfüllt. Ähnliche Probleme ergeben sich auch für die abhängigen Ansprüche.

Anspruch 1

Im kennzeichnenden Teil des Anspruches wird definiert, dass "die statische Kapazität C_{op} von mindestens einem der verkoppelten Parallelresonatoren erhöht oder erniedrigt wird und zum Ausgleich die statische Kapazität **eines oder mehrerer nicht verkoppelter Parallelresonatoren** so erniedrigt oder erhöht wird, dass die Gesamtsumme ΣC_{op} der statischen Kapazitäten **aller Parallelresonatoren** identisch bleibt".

Diese Definition stimmt in zwei wesentlichen Gesichtspunkten nicht mit der Beschreibung überein, siehe Seite 13 und 14:

- (1) Es ist nicht korrekt, dass "zum Ausgleich die statische Kapazität **eines oder mehrerer nicht verkoppelter Parallelresonatoren**" erniedrigt oder erhöht wird. Es ist im Gegenteil gerade die Kapazität des **anderen verkoppelten Parallelresonators**, die erniedrigt oder erhöht werden soll.
- (2) Es ist nicht korrekt, dass die Einschränkung, nach der dies geschehen soll, darin besteht, " dass die Gesamtsumme ΣC_{op} der statischen Kapazitäten **aller Parallelresonatoren** identisch bleibt", sondern darin "dass die Gesamtsumme ΣC_{op} der statischen Kapazitäten der **verkoppelten Parallelresonatoren** identisch bleibt".

Insofern steht der Anspruch im Widerspruch zur Beschreibung und erfüllt nicht die Bedingungen von Artikel 6 PCT.

Des Weiteren ist der Term "bei dem die Verkopplung zwischen dem Substrat und der Anbindung an das Gehäuse angeordnet wird" völlig unklar. Auf Grundlage der Beschreibung kann vermutet werden, dass gemeint war, zum Ausdruck zu bringen, dass "die Verkopplung bereits auf dem Substrat erfolgt und erst anschließend eine elektrische Verbindung an ein Gehäuse".

Unabhängig von diesen Unklarheiten, die im Lichte der Beschreibung noch verstanden werden können, fehlt es dem kennzeichnenden Teil jedoch an wesentlichen technischen Merkmalen. Es wird in dem Anspruch definiert, dass Kapazitäten der Parallelresonatoren **erhöht** oder **erniedrigt** werden sollen. Wenn von einer Erhöhung oder Erniedrigung die Rede ist, muss jedoch auch ein Referenzwert vorliegen, im Vergleich zu dem erhöht oder erniedrigt wird. Die Einschränkung, dass die Gesamtsumme ΣC_{op} identisch bleiben soll, ist aus zwei Gründen nicht ausreichend:

- Es fehlt in gleicher Weise eine festlegende Definition für die Gesamtsumme ΣC_{op} (nämlich der Wert, der identisch bleiben soll).
- Selbst wenn ein absoluter Referenzwert C_{ges} für die Gesamtsumme ΣC_{op} definiert wäre, so würde dies keinen Referenzwert der Parallelresonatoren festlegen; die Einschränkung einer konstanten Gesamtsumme erlaubt fast beliebige Werte für die einzelnen Kapazitäten (genauer: zwischen 0 und C_{ges}).

Schließlich liegt noch ein Mangel an Klarheit hinsichtlich der Kategorie des Anspruches vor: Es handelt sich bei dem Gegenstand des Anspruches wohl eher um "Ein Verfahren **zur Festlegung** einer Polstelle in einem SAW Filter" denn um "Ein Verfahren zum **Verschieben** einer Polstelle in einem SAW Filter".

Unter Einbeziehung der Information aus der Beschreibung und den Figuren sei in vorläufiger Weise eine Einschätzung hinsichtlich Neuheit und erfinderischen Schrittes gegeben:

Nächstliegender Stand der Technik: EP-A-0 878 902 (FUJITSU TOWA ELECTRON LIMITED ;FUJITSU LTD (JP)) 18. November 1998 (1998-11-18) Dieses Dokument beschäftigt sich wie die Anmeldung mit der Festlegung von Frequenzgangeigenschaften in einem SAW-Filter. Abb. 9 zeigt ein SAW-Filter, wie es im Oberbegriff des Anspruches 1 definiert wird, sowohl was die serielle und die parallele Verschaltung, als auch die substratseitige Verbindung der Massenkontakte

der parallelen Resonatoren betrifft.

Unterschied: Insofern wären die Erfordernisse von Art. 33 (2) PCT erfüllt. Das Verfahren aus Anspruch 1 scheint sich vom Stand der Technik insofern zu unterscheiden, als der Anspruch darauf gerichtet zu sein scheint, das Sperrverhalten durch geeignete Wahl des Verhältnisses der beteiligten parallelen statischen Kapazitäten zu optimieren. Im Stand der Technik nach dem vorstehend genannten Dokument werden jedoch Passbandeigenschaften optimiert durch eine geeignete Wahl des Verhältnisses zwischen seriellen und parallelen statischen Kapazitäten.

Problem und Lösung des technischen Problems: Der genannte Unterschied löst das Problem der Optimierung des Sperrverhaltens des SAW-Filters. Wenn auch im Stand der Technik, z.B. EP-A-0 862 266 (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 2. September 1998 (1998-09-02) (siehe Fig. 11), EP-A-0 897 218 (MURATA MANUFACTURING CO) 17. Februar 1999 (1999-02-17) (siehe Figs. 2 und 3), oder MINEYOSHI S ET AL: 'ANALYSIS AND OPTIMAL SAW LADDER FILTER DESIGN INCLUDING BONDING WIRE AND PACKAGE IMPEDANCE' IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, US, NEW YORK, NY: IEEE, 5. Oktober 1997 (1997-10-05), Seiten 175-178, XP000848470 ISBN: 0-7803-4154-6 das Verhalten von Filtern unter Zuhilfenahme von Ersatzschaltbildern analysiert wird, gibt es darin jedoch keinen konkreten Hinweis auf die spezifische Abänderung von Parametern wie im Anspruch genannt.

Anspruch 2

In Anspruch 1 ist die Rede von "zumindest einem [...] Grundglied" aus erstem zweitem und dritten SAW-Resonator. Dies schließt die Möglichkeit ein, dass auch tatsächlich nur ein solches Grundglied vorliegt. In Anspruch 2 ist nun die Rede von der "statischen Kapazität eines oder mehrerer nicht in dem seriellen Zweig zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegenden Serienresonators" (abgesehen von dem grammatischen Fehler hinsichtlich der Anzahl: anstatt "Serienresonators" besser "Serienresonatoren"?). Hiernach liegt zwingend zumindest ein weiterer Serienresonator vor, im Widerspruch zu der angegebenen Möglichkeit der Lesart von Anspruch 1.

Anspruch 3

In dem Anspruch wird definiert, dass

- (a) in Parallelresonator in einem parallelen Zweig in Parallelresonatoren P' und P'' aufgeteilt ist,

bei dem einer der aufgeteilten Parallelresonatoren P' und P'' mit **(b) einem weiteren Parallelresonator** verkoppelt wird und bei dem durch das Teilungsverhältnis der statischen Kapazitäten der aufgeteilten Parallelresonatoren P' und P'' die statische Kapazität C_{op} **(c) eines der beiden verkoppelten Parallelresonatoren** variiert und damit die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle eingestellt wird.

Zunächst wird an der Stelle "(a)" ein beliebiger Parallelresonator erwähnt. Im Anspruch 1 werden jedoch nur ein erster und ein weiterer Parallelresonator definiert. Falls keiner dieser zwei Parallelresonatoren gemeint sein sollte, so fehlt aufgrund fehlender Verschaltungsangaben der technische Zusammenhang zwischen den Merkmalen der Ansprüche 1 und 3.

Des weiteren wird an der Stelle "(b)" ein weiterer Parallelresonator eingeführt. Für diesen kann durchaus ein technischer Zusammenhang gesehen werden, nämlich zu den Parallelresonatoren P' und P'' . Es kommt nun jedoch an der Stelle "(c)" zu einem Bezeichnungskonflikt. Mit dem einen der "beiden verkoppelten Parallelresonatoren" kann gemeint sein:

- einer der ersten oder weiteren Parallelresonatoren aus Anspruch 1
- einer der beiden aufgeteilten Parallelresonatoren P' und P''
- der Parallelresonatoren, der an der Stelle "(b)" eingeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschieben einer Polstelle in einem SAW Filter

- 5 mit zumindest einem, auf einem piezoelektrischen Substrat (12-8) ausgebildeten Grundglied (R1, R2), welches einen ersten SAW-Parallelresonator (R2) in einem parallelen Zweig und einen SAW-Serienresonator (R1) in einem seriellen Zweig umfaßt,
- 10 mit zumindest einem weiterer SAW- Parallelresonator (R3) in einem weiteren parallelen Zweig,
- bei dem die Masseseiten (12-6, 12-7) des ersten SAW- Parallelresonator (R1) und des weiteren SAW- Parallelresonators (R3) in dem weiteren parallelen Zweig auf dem
- 15 Substrat elektrisch verbunden und dadurch verkoppelt werden,
- bei dem die Verkopplung zwischen dem Substrat und der Anbindung (12-5) an das Gehäuse angeordnet wird, dadurch gekennzeichnet ,
- daß die statische Kapazität C_{0p} von mindestens einem der verkoppelten Parallelresonatoren erhöht oder erniedrigt wird
- 20 und zum Ausgleich die statische Kapazität eines oder mehrerer nicht verkoppelter Parallelresonatoren so erniedrigt oder erhöht wird, daß die Gesamtsumme ΣC_{0p} der statischen Kapazitäten aller Parallelresonatoren identisch bleibt.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1,
- bei welchem die statische Kapazität C_{0s} von mindestens einem Serienresonator zwischen zwei an der Masseseite verbundenen Resonatoren im parallelen Zweig gegenüber einem Ausgangswert
- 30 erhöht oder erniedrigt wird und zum Ausgleich die statische Kapazität eines oder mehrerer nicht in dem seriellen Zweig zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegenden Serienresonators so erniedrigt oder erhöht wird, daß die Gesamtsumme ΣC_{0s} der statischen Kapazitäten aller
- 35 Serienresonatoren identisch bleibt.

2

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
bei dem ein Parallelresonator in Parallelresonatoren P' und
 P'' aufgeteilt ist,
bei dem einer der aufgeteilten Parallelresonatoren P' und P''
5 mir einem weiteren Parallelresonator verkoppelt wird und bei
dem durch das Teilungsverhältnis der statischen Kapazitäten
der aufgeteilten Parallelresonatoren P' und P'' die statische
Kapazität C_{op} eines der beiden verkoppelten Parallelresona-
toren variiert und damit die Frequenzlage einer Polstelle
10 eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem das Produkt ΠC_{op} der statischen Kapazitäten C_{op1}
und C_{op2} der an der Ausgangsseite elektrisch verbundenen
15 Parallelresonatoren dadurch variiert wird, daß die statische
Kapazität C_{op1} des ersten Parallelresonators um den gleichen
Betrag C_{const} erhöht wird wie die statische Kapazität C_{op2}
des zweiten Parallelresonators erniedrigt wird, so daß die
Summe der statischen Kapazitäten identisch bleibt
20
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem die Anbindung an das Gehäuse mit einer Bondverbindung
vorgenommen wird.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4,
bei dem die Anbindung an das Gehäuse mit einer Bumpverbindung
vorgenommen wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
30 bei dem die Verkopplung der beiden Parallelresonatoren mit
einer Bondverbindung vorgenommen wird.

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 1999 P 2288 P	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE00/02202	International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)	Priority date (day/month/year) 13 July 1999 (13.07.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H03H 9/64		
Applicant EPCOS AG		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>9</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>2</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input checked="" type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

RECEIVED
MAY - 1 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Date of submission of the demand 08 December 2000 (08.12.00)	Date of completion of this report 16 October 2001 (16.10.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/02202

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages 1-23, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages 1-7, filed with the letter of 30 July 2001 (30.07.2001)
- ☒ the drawings:
pages 1/18-18/18, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☒ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☒ the claims, Nos. 8-13
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☒ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/02202

III. Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability

1. The questions whether the claimed invention appears to be novel, to involve an inventive step (to be non obvious), or to be industrially applicable have not been examined in respect of:

- ☐ the entire international application.
- ☒ claims Nos. 1-6

because:

- ☐ the said international application, or the said claims Nos. _____
relate to the following subject matter which does not require an international preliminary examination (*specify*):

- ☒ the description, claims or drawings (*indicate particular elements below*) or said claims Nos. 1-6
are so unclear that no meaningful opinion could be formed (*specify*):

SEE SEPARATE SHEET

- ☒ the claims, or said claims Nos. 1-6 are so inadequately supported
by the description that no meaningful opinion could be formed.

- ☐ no international search report has been established for said claims Nos. _____

2. A meaningful international preliminary examination cannot be carried out due to the failure of the nucleotide and/or amino acid sequence listing to comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions:

- ☐ the written form has not been furnished or does not comply with the standard.
- ☐ the computer readable form has not been furnished or does not comply with the standard.

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

New Claim 7 does not meet the requirements of PCT Article 34(2)(b) since its subject matter goes beyond the content of the originally filed application. Consequently, pursuant to PCT Rule 70.2(c) this report is established as if this claim had not been filed. Correspondingly, no comments about novelty, inventive step and industrial applicability are filed.

The claim to which Claim 1 refers deals with a method in which "the two parallel resonators are coupled by a bond connection". According to the originally filed application, the connection of the parallel resonators has **to be made on the substrate**, but a bond connection has to have a part that does **not** have physical contact with the substrate. If there is a desire to specify that the connection **to the housing** is carried out with a bond connection, it should be noted that this does not follow from this claim. Moreover, this is already the subject matter of new Claim 5.

Basis in the originally filed application for essential changes in the new claims:

Claim 1: original Claims 1 and 10

Claims 2 to 6: original Claims 11, 12, 13, 6 and 7 respectively.

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: III

Claim 1 does not meet the requirement of PCT Article 6 since its subject matter is not supported by the description and is not clear. This point is set out in greater detail below in Box VIII. Even if more material is added to Claim 1 on the basis of the description, the same also applies to dependent **Claim 3**.

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

Contrary to PCT Rule 5.1(a)(ii), the relevant prior art of D1 and D3 is not mentioned in the description.

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

Independent Claim 1 is not clear, not supported by the description and lacks essential technical features. Consequently, the requirements of PCT Article 6 are not satisfied. There are also similar problems for the dependent claims.

Claim 1

The characterising part of the claim defines that "the static capacity C_{Op} of at least one of the coupled parallel resonators is increased or reduced and the static capacity **of one or more non-coupled parallel resonators** is reduced or increased to compensate in such a manner that the total sum ΣC_{Op} of the static capacities **of all of the parallel resonators** stays identical".

This definition contradicts the description in two essential points, see pages 13 and 14:

- (1) it is not correct that "the static capacity **of one or more non-coupled parallel resonators**" is reduced or increased to compensate. On the contrary, it is the capacity of the **other coupled** parallel resonator that should be reduced or increased.
- (2) it is not correct that the restriction according to which this should occur is "that the total sum ΣC_{Op} of the static capacities of **all of the parallel resonators** remains the same but the total sum ΣC_{Op} of the static capacities of the **coupled parallel resonators** remains the same".

In this respect, the claim contradicts the description and does not meet the conditions of PCT Article 6.

VIII. Certain observations on the international application

Moreover, the term "at which the coupling between the substrate and the connection to the housing is arranged" is completely unclear. Based on the description it can be assumed that the intention was to express the fact that "coupling takes place directly on the substrate and only then is there an electrical connection to a housing".

Irrespective of this lack of clarity that can be understood in the light of the description, the characterising part lacks essential technical features. In the claim it is defined that capacities of the parallel resonators should be **increased** or **reduced**. If an increase or a reduction is being discussed, there also has to be a reference value in relation to which there is an increase or reduction. The restriction that the total sum ΣC_{Op} should remain the same is not adequate for two reasons:

- a fixed definition for the total sum ΣC_{Op} is also missing (the value that is meant to stay the same).
- even if the total value ΣC_{Op} were to be defined as an absolute reference value C_{ges} , it would not establish a reference value of the parallel resonators; restricting a constant total sum allows virtually arbitrary values for the individual capacities (more precisely between 0 and C_{ges}).

Finally, there is a lack of clarity with respect to the category of the claim. The subject matter of the claim is "a method **for establishing** a pole position in a SAW filter" rather than "a method for **shifting** a pole position in a SAW filter".

By including the information from the description and the

VIII. Certain observations on the international application

figures, a provisional evaluation with respect to novelty and inventive step may be established.

Closest prior art: EP-A-0 878 902 (FUJITSU TOWA ELECTRON LIMITED; FUJITSU LTD (JP)) 18 November 1998 (1998-11-18)

Just as in the application, this document deals with establishing frequency response properties in an SAW filter. Figure 9 shows an SAW filter, as defined in the preamble of Claim 1, and also in terms of the serial and the parallel circuit and the substrate-side connection of the earth contacts of the parallel resonators.

Difference: In this respect the requirements of PCT Article 33(2) would be satisfied. The method of Claim 1 appears to differ from the prior art insofar as the claim seems to relate to optimising the locking behaviour by appropriate selection of the ratio between the serial and the parallel static capacities.

Problem and solution of the technical problem: The difference mentioned solves the problem of optimising the blocking behaviour of the SAW filter. Even if in the prior art, e.g. EP-A-0 862 266 (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 2 September 1998 (1998-09-02) (see Figure 11), EP-A-0 897 218 (MURATA MANUFACTURING CO) 17 February 1999 (1999-02-17) (see Figures 2 and 3), or MINEYOSHI S ET AL: "ANALYSIS AND OPTIMAL SAW LADDER FILTER DESIGN INCLUDING BONDING WIRE AND PACKAGE IMPEDANCE" IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, US, NEW YORK, NY: IEEE, 5 October 1997 (1997-10-05), pages 175-178, XP000848470 ISBN: 0-7803-4154-6 the behaviour of the filters is analysed with the aid of replacement circuit diagrams, there is no concrete reference to the specific change in parameters as mentioned in the claim.

VIII. Certain observations on the international application

Claim 2

Claim 1 discusses "at least one [...] basic member" comprising a first, second and third SAW resonator. This includes the possibility that there is actually only one such basic member. Claim 2 discusses the "static capacity of one or more series resonators not in the serial branch between the coupled parallel resonators" (apart from the grammatical error with respect to the numbers: instead of the German word "Serienresonators" [serial resonator] would "Serienresonatoren" [serial resonators] have not been better?). Accordingly, there has to be at least one other serial resonator contrary to the indicated way of reading Claim 1.

Claim 3

The claim defines that

(a) a parallel resonator in a parallel branch is divided up into parallel resonators P' and P", in which one of the divided parallel resonators P' and P" is coupled to **(b) another parallel resonator** and in which by the division ratio of the static capacities of the divided parallel resonators P' and P" the static capacity C_{op} **(c) of one of the two coupled parallel resonators** varies thereby setting the frequency position of the coupled pole locations.

First, at point "(a)" an arbitrary parallel resonator is mentioned. However, in Claim 1 only a first and a further parallel resonator are defined. If neither of these two parallel resonators is intended then the technical relationship between the features of Claims 1 and 3 is missing because of a lack of circuitry information.

VIII. Certain observations on the international application

Moreover, at point "(b)" another parallel resonator is introduced. For this resonator a technical connection can be seen, i.e. to the parallel resonators P' and P".

However, at point "(c)" there is a conflict in designation. One of the "two coupled parallel resonators" can mean:

- one of the first or other parallel resonators from Claim 1
- one of the two divided parallel resonators P' and P"
- one of the parallel resonators that is introduced at point "(b)".

100

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999 P 2288 P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 02202	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 13/07/1999
Anmelder EPCOS AG et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 12

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 H03H9/64

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 878 902 A (FUJITSU TOWA ELECTRON LIMITED ;FUJITSU LTD (JP)) 18. November 1998 (1998-11-18)	1,2,6
A	Spalte 9, Zeile 36-40; Abbildung 9 ---	5
X	EP 0 862 266 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 2. September 1998 (1998-09-02)	1,2
A	Seite 6, Zeile 48 -Seite 7, Zeile 7; Abbildungen 10-12,23 Seite 8, Zeile 1-17 ---	5
A	EP 0 897 218 A (MURATA MANUFACTURING CO) 17. Februar 1999 (1999-02-17) Spalte 16, Zeile 40 -Spalte 17, Zeile 1 ---	4
A	DE 197 30 710 A (SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS) 21. Januar 1999 (1999-01-21) Spalte 6, Zeile 5-31; Abbildung 7 ---	12,13
	--- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. November 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/12/2000

 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coppieters, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>MINEYOSHI S ET AL: "ANALYSIS AND OPTIMAL SAW LADDER FILTER DESIGN INCLUDING BONDING WIRE AND PACKAGE IMPEDANCE" IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS,US,NEW YORK, NY: IEEE, 5. Oktober 1997 (1997-10-05), Seiten 175-178, XP000848470 ISBN: 0-7803-4154-6 das ganze Dokument -----</p>	1-13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02202

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0878902	A	18-11-1998	JP	10313216 A	24-11-1998
			US	5874866 A	23-02-1999
EP 0862266	A	02-09-1998	JP	10224178 A	21-08-1998
			JP	10303696 A	13-11-1998
			CN	1190823 A	19-08-1998
			US	5905418 A	18-05-1999
EP 0897218	A	17-02-1999	JP	11055067 A	26-02-1999
			US	5999069 A	07-12-1999
DE 19730710	A	21-01-1999	CN	1263647 T	16-08-2000
			WO	9904490 A	28-01-1999
			EP	0995265 A	26-04-2000



F. f. mit. verl. Prüf.-antrag: 13.02.01 ✓ DH

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

An

EPPING HERMANN & FISCHER GBR
Postfach 12 10 26
D-80034 München
GERMANY

EINGANG
Epping Hermann & Fischer

04. Dez. 2000

Frist:

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr)

04/12/2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

1999 P 2288 P

WEITERES VORGEHEN

siehe Punkte 1 und 4 unten

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/ 02202

Internationales Anmeldedatum

(Tag/Monat/Jahr)

06/07/2000

Anmelder

EPCOS AG et al.

1. ☒ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.

Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:

Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

Wo sind Änderungen einzureichen?

Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20,
Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35

Nähere Hinweise sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

2. ☐ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a) übermittelt wird.

3. ☐ **Hinsichtlich des Widerspruchs** gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß

☐ der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungssämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.

☐ noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.

4. **Weiteres Vorgehen:** Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht:

Kurz nach Ablauf von **18 Monaten** seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90^{bis} bzw. 90^{ter} vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.

Innerhalb von **19 Monaten** seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch länger) verschieben möchte.

Innerhalb von **20 Monaten** seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungssämtern vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswählerklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrages nicht verbindlich ist.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde



Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mareike Zambuto

ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen.

Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z.B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber beim Anmeldeamt oder der Internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu numerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen, die anderen Ansprüche nicht neu nummeriert zu werden. Im Fall einer Neunummerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu nummerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220 (Fortsetzung)

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlautende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]:
"Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Numerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]:
"Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]:
Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt. "Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]:
"Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

"Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigefügt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzureichen und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amtes sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999 P 2288 P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 02202	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 13/07/1999
Anmelder EPCOS AG et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 12

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.



A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 H03H9/64

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 878 902 A (FUJITSU TOWA ELECTRON LIMITED ;FUJITSU LTD (JP)) 18. November 1998 (1998-11-18)	1,2,6
A	Spalte 9, Zeile 36-40; Abbildung 9 ---	5
X	EP 0 862 266 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 2. September 1998 (1998-09-02)	1,2
A	Seite 6, Zeile 48 -Seite 7, Zeile 7; Abbildungen 10-12,23 Seite 8, Zeile 1-17 ---	5
A	EP 0 897 218 A (MURATA MANUFACTURING CO) 17. Februar 1999 (1999-02-17)	4
	Spalte 16, Zeile 40 -Spalte 17, Zeile 1 ---	
A	DE 197 30 710 A (SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS) 21. Januar 1999 (1999-01-21) Spalte 6, Zeile 5-31; Abbildung 7 ---	12,13
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. November 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/12/2000

 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coppieters, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>MINEYOSHI S ET AL: "ANALYSIS AND OPTIMAL SAW LADDER FILTER DESIGN INCLUDING BONDING WIRE AND PACKAGE IMPEDANCE" IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS,US,NEW YORK, NY: IEEE, 5. Oktober 1997 (1997-10-05), Seiten 175-178, XP000848470 ISBN: 0-7803-4154-6 das ganze Dokument -----</p>	1-13



INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02202

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0878902	A	18-11-1998	JP	10313216 A	24-11-1998
			US	5874866 A	23-02-1999
EP 0862266	A	02-09-1998	JP	10224178 A	21-08-1998
			JP	10303696 A	13-11-1998
			CN	1190823 A	19-08-1998
			US	5905418 A	18-05-1999
EP 0897218	A	17-02-1999	JP	11055067 A	26-02-1999
			US	5999069 A	07-12-1999
DE 19730710	A	21-01-1999	CN	1263647 T	16-08-2000
			WO	9904490 A	28-01-1999
			EP	0995265 A	26-04-2000

Beschreibung

SAW-Filter des Reaktanzfiltertyps mit verbesserter Sperrbereichsunterdrückung und Verfahren zur Optimierung der Sperrbereichsunterdrückung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Oberflächenwellenfilter (OFW oder englisch SAW) und speziell ein SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp mit verbesserter Sperrbereichsunterdrückung sowie ein Verfahren zur Optimierung der Sperrbereichsunterdrückung.

Reaktanzfilter sind aus der klassischen Filtertechnik bekannt. Werden statt diskreter Elemente (Induktivitäten und Kapazitäten) für die einzelnen Resonatoren SAW-Resonatoren verwendet, so spricht man von SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp.

Bei SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp werden als Impedanzelemente SAW-Resonatoren verwendet. Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau eines bekannten Resonators. Er weist metallische Strukturen auf der Oberfläche eines piezoelektrischen Substrats auf und besitzt ein Anschlußpaar 1-1 und 1-2, an dem ein Interdigitalwandler 1-4 zur Transformation von elektrischer in akustische Energie angeschlossen ist. Auf beiden Seiten des Interdigitalwandlers 1-4 ist längs der akustischen Achse jeweils ein Reflektor 1-3 und 1-5 angeordnet um zu verhindern, daß die akustische Energie entweicht.

Fig. 2 zeigt links das Ersatzschaltbild für einen SAW-Resonator R und rechts das für den Resonator verwendete Symbol. Im ersten Zweig der Parallelschaltung befindet sich eine Serienresonanzschaltung aus dynamischer Induktivität L_1 , dynamischer Kapazität C_1 und dynamischem Widerstand R_1 (bei Berücksichtigung von Verlusten) und im zweiten Zweig die statische Kapazität C_0 des Interdigitalwandlers. Die Serienresonanzschaltung gibt das Verhalten des Resonators im Resonanz-

fall wieder, also im Bereich der Resonanzfrequenz f_r . Die statische Kapazität gibt das Verhalten in den Frequenzbereichen $f \ll f_r$ und $f \gg f_r$ wieder. Die dynamische Kapazität C_1 ist proportional zur statischen Kapazität C_0 des Interdigitalwandlers:

$$C_1 \sim C_0. \quad (1.1)$$

Ein Resonator besitzt eine Resonanzfrequenz f_r und eine Antiresonanzfrequenz f_a . Für die Resonanzfrequenz f_r gilt:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1}} \quad (1.2)$$

Für die Antiresonanzfrequenz f_a eines Resonators gilt:

$$f_a = f_r \cdot \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0}} \quad (1.3)$$

Basiseinheit eines SAW Reaktanzfilters ist ein sogenanntes Grundglied, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Es besteht aus einem ersten Resonator R_1 mit Resonanzfrequenz f_{rp} und zugehöriger Antiresonanzfrequenz f_{ap} im parallelen Zweig und einem zweiten Resonator R_2 mit Resonanzfrequenz f_{rs} und zugehöriger Antiresonanzfrequenz f_{as} im seriellen Zweig. Der Frequenzverlauf der Admittanz Y_p des Resonators R_1 im parallelen Zweig und der Frequenzverlauf der Impedanz Z_s des Resonators R_2 im seriellen Zweig sind in Fig. 4 dargestellt. Zur Erzeugung eines Bandpaßfilters mit der Mittenfrequenz f_0 haben die Resonanzfrequenzen der beiden Resonatoren folgenden Zusammenhang:

$$f_{ap} \approx f_{rs} \approx f_0 \quad (1.4)$$

Jedes Grundglied ist prinzipiell als Zweitor mit den Anschlüssen 3-1 bzw. 3-2 von Tor 1 und den Anschlüssen 3-3 bzw. 3-4 von Tor 2 zu betrachten (siehe Fig. 3). Gleichzeitig ist der Anschluß 3-1 der Eingang und der Anschluß 3-3 der Ausgang des Serienresonators. Der Eingang des Parallelresonators ist mit dem Anschluß 3-1 verbunden. Die Anschlüsse 3-2 und 3-4 stellen bei einem unsymmetrischen Betrieb die Bezugsmasse dar. Der Ausgang 3-5 des Parallelresonators, der der Bezugs-

masse zugewandt ist, wird im folgenden als Ausgangs- bzw. Masse-seite des Parallelresonators genannt. Die Induktivität L_{ser} , die zwischen der Ausgangsseite des Parallelresonators und der Bezugsmasse liegt, spiegelt den Anschluß an die Gehäusemasse im realen Aufbau wieder.

Das Selektionsniveau des SAW-Filters nach dem Reaktanzfiltertyp wird zum einen durch das Verhältnis C_{op}/C_{os} aus statischer Kapazität C_{op} im Parallelzweig und statischer Kapazität C_{os} im Serienzweig bestimmt, zum anderen durch die Anzahl der hintereinander geschalteten (kaskadierten) Grundglieder.

Die Grundglieder werden im Falle einer Kaskadierung üblicherweise angepaßt verschaltet, das heißt, jeweils gespiegelt. Fig. 5 und Fig. 6 zeigen zwei Beispiele eines Reaktanzfilters, bei dem jeweils zwei Grundglieder kaskadiert sind. Die Ausgangsimpedanz 5-1 (Z_{out}) bzw. 6-1 (Z_{in}) des ersten Grundgliedes ist gleich der Eingangsimpedanz 5-2 bzw. 6-2 des zweiten Grundgliedes, wodurch die Verluste durch Fehlanpassung minimal sind. Bezüglich Anzahl und Anordnung der Grundglieder sind für Reaktanzfilter vielerlei Strukturen möglich oder bekannt.

Unmittelbar hintereinanderliegende Resonatoren gleichen Typs (Serienresonator oder Parallelresonator) können auch zu jeweils einem zusammengefaßt werden, wobei die kapazitive Gesamtwirkung gleich bleibt. Die Verschaltung eines Filters gemäß Fig. 7 entspricht in der Wirkung der eines Filters nach Fig. 8.

Die Fig. 9 und 10 zeigen den typischen tatsächlichen Aufbau eines SAW-Filters auf einem piezoelektrischen Substrat 9-1 in einem Keramikgehäuse 9-0 und die typische Verbindungstechnik mit Bonddrähten 9-8 bis 9-12 bzw. 10-9.

Die Parallelresonatoren R1, R3 und R5 werden an der Ausgangsseite 9-15 bis 9-17 über Bonddrähte 9-9, 9-10 und 9-12 mit den Gehäusemassepad 9-4, 9-5 und 9-7 verbunden.

- 5 Durch die typische Aufbautechnik (siehe Fig. 9 und Fig. 10) erhält man bei dem Anschluß der Parallelzweige an Masse Serieninduktivitäten zwischen z.B. der Ausgangsseite 9-17 des Parallelresonators R5 auf dem Substrat (Chip) 9-1 und der am äußeren Gehäusepin 9-4 anliegenden Masse 10-5. Dazu zählen im wesentlichen der induktive Anteil der Streifenleitung auf dem Chip, die Induktivität der Bondverbindung 9-9 und die der Gehäusedurchführung 10-3.

- Diese Serieninduktivitäten beeinflussen das Verhalten des Filters sowohl im Durchlaßbereich als auch im Sperrbereich. Für den Durchlaßbereich gilt $f \sim f_0$. Die Resonanzfrequenz und damit die Bandbreite eines Resonators kann bekanntermaßen durch eine zum Resonator gehörige externe Beschaltung verändert werden. Eine Induktivität seriell zum Resonator erhöht die effektive dynamische Induktivität, wodurch die Resonanzfrequenz f_r sinkt. Da die Antiresonanzfrequenz f_a nur in sehr geringem Maße verschoben wird, wird die Bandbreite $\Delta f = f_a - f_r$ eines Resonators mit serieller Induktivität vergrößert. Im Falle eines Parallelresonators wird auch die Bandbreite des SAW-Filters vergrößert.

- Für den Sperrbereich gilt $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$. Hier ist das Ersatzschaltbild eines Resonators reduziert auf seine statische Kapazität C_0 , da der Serienschwingkreis außerhalb f_0 sehr hochohmig ist und einem Leerlauf entspricht. Eine Induktivität L_{ser} seriell zum Resonator ergibt einen in Fig. 11 dargestellten Serienschwingkreis mit einer Resonanzfrequenz

$$f_{pol} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{ser} * C_0}} \quad (1.5).$$

- 35 Im Falle einer Induktivität seriell zu einem Parallelresonator bedeutet dies, daß bei der Frequenz f_{pol} die Energie des

Filters direkt nach Masse abfließen kann, es bildet sich in der Filterkurve eine sogenannte Polstelle aus, also eine erhöhte Unterdrückung im Sperrbereich. Die Anzahl der Polstellen im Sperrbereich entspricht der Anzahl der Parallelzweige mit Serieninduktivität. Frequenzmäßig unterscheidbare Polstellen f_{p011} und f_{p012} ergeben sich nur bei unterschiedlichen Produkten $\Pi_1 = L_{ser1} \cdot C_{01}$ und $\Pi_2 = L_{ser2} \cdot C_{02}$. Sind die Produkte identisch, so liegen die Polstellen bei der gleichen Frequenz, man erhält eine doppelte Polstelle $f_{p01} = f_{p011} = f_{p012}$ mit einer höheren Unterdrückung als bei einer einfachen Polstelle.

Fig.11a zeigt das Dämpfungsverhalten eines Resonators im Parallelzweig, an den eine Induktivität L_{ser} seriell an die Ausgangsseite des Parallelresonators angeschlossen ist. Wie in Fig. 11b wurde der Serienschwingkreis des Resonators, dessen Resonanzfrequenz f_{rp} gleich f_0 ist, zur Verdeutlichung der Polstelle entfernt. Für die Frequenz der Polstelle f_{p01} gilt typisch $f_{p01} > f_0$, wobei f_0 gleich der Resonanzfrequenz des Filters. Für die Polstelle erhält man eine hohe Dämpfung.

SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp werden vornehmlich als HF-Filter im Mobilfunkbereich eingesetzt, da sie sehr geringe Verluste im Durchlaßbereich aufweisen. Als HF-Filter im Mobilfunkbereich muß das SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp darüberhinaus zum einen das Duplexband (bei einem Sendefilter also das Empfangsband und bei einem Empfangsfilter umgekehrt das Sendeband) und zum anderen das Signal bei der Lokaloszillatorfrequenz (LO) und/oder bei der Spiegelfrequenz (Imagefrequenz) unterdrücken, um ungewollte Mischprodukte im Telefon zu verhindern.

Der Lokaloszillator liegt oberhalb oder unterhalb der Mittenfrequenz f_0 des Filters. Der Abstand zur Mittenfrequenz f_0 entspricht der zur Signalaufbereitung verwendeten Zwischenfrequenz (ZF). Die Spiegelfrequenz hat den Abstand $2 \cdot ZF$ zur Mittenfrequenz f_0 . Da momentan ZF-Frequenzen im Bereich 100-400 MHz verwendet werden, muß das SAW-Filter je nach Anwen-

dung im Bereich f_0 plus/minus 100-800 MHz gute Dämpfungseigenschaften von typisch mehr als 30dB aufweisen. In den häufigsten Fällen liegt der Lokaloszillator oberhalb der Mittenfrequenz f_0 .

5

Um eine ausreichende Dämpfung im Bereich der LO- und/oder Imagefrequenz zu erreichen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Möglichkeit A besteht darin, das allgemeine Selektionsniveau (als Maß hierfür gilt die minimale Dämpfung unterhalb
10 des Durchlaßbereiches bei ca. $f_0/2$) entsprechend groß zu machen. Der große Nachteil ist jedoch, daß mit zunehmendem Selektionsniveau auch die Verluste im Durchlaßbereich steigen. Das ist in den meisten Fällen inakzeptabel für die Signalverarbeitung im Telefon. Die zweite Möglichkeit B ergibt sich
15 aus der oben beschriebenen Tatsache, daß eine bei der herkömmlichen Aufbautechnik vorhandene Induktivität seriell zu einem Parallelresonator eine Polstelle erzeugt, die gerade bei der LO- oder Imagefrequenz liegt. Bei dem großen Spektrum an verwendeten ZF-Frequenzen muß in diesem Falle eine Mög-
20 lichkeit gegeben sein, um die erzeugte Polstelle über einen Bereich von ca. 700 MHz zu variieren.

Da die statische Kapazität C_{op} im Parallelzweig maßgeblich die Filterperformance (Passband, Anpassung und Selektionsniveau) bestimmt, kann sie bei gegebenen Filteranforderungen
25 nur in sehr geringem Maße so variiert werden, daß sich gleichzeitig auch noch die Lage von Polstellen im Sperrbereich verändert. Ebenso ist der Freiheitsgrad für die Größe der Induktivität seriell zwischen Ausgangsseite des Parallel-
30 resonators und Masse beschränkt. Durch den Zwang zur Miniaturisierung und auch aus Kostengründen werden die verwendeten Chips immer kleiner, was zur Folge hat, daß der induktive Anteil der Streifenleitung auf dem Chip nur begrenzt verändert werden kann. Die Länge und die damit korrelierende Induktivi-
35 tät der Bondverbindung kann innerhalb eines Gehäuses im Zuge der weiter fortschreitenden Miniaturisierung ebenfalls kaum mehr variiert werden. Außerdem ist die Induktivität, die sich

aus der Gehäusedurchführung ergibt, für ein gegebenes Gehäuse fixiert.

- Für SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp in weiter miniaturisierten Gehäusen ist also auch die Möglichkeit B nicht mehr in ausreichendem Maße gegeben, um die LO- und/oder Imageunterdrückung durch geeignet gesetzte Polstellen über einen großen Frequenzbereich von f_0 plus 100-800 MHz zu gewährleisten. Insbesondere bei der zukünftigen Verbindungstechnologie 'Flip-Chip-Technik', bei der statt der Bonddrähte Bumpverbindungen verwendet werden, ist es unmöglich, Polstellen bei relativ niedrigen Frequenzen, also im Bereich von 100 MHz oberhalb der Mittenfrequenz f_0 zu erzeugen, da die bei dieser Aufbautechnik vorhandenen Induktivitäten seriell zur Ausgangsseite eines Parallelresonators zu klein sind (siehe Formel 1.5) und die statischen Kapazitäten der Parallelzweige wegen der benötigten Selbstanpassung an 50Ω ebenfalls nicht groß genug gewählt werden können.
- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Weg anzugeben, wie ein Filter so gestaltet werden kann, daß eine verbesserte Sperrbereichsunterdrückung für bestimmte LO- und Image-frequenzen über einen möglichen Bereich von 100 bis 800 MHz neben der Mittenfrequenz erhalten werden kann. Insbesondere soll ein Weg angegeben werden, Polstellen eines Reaktanzfilters ohne größere Einflüsse auf das übrige Filterverhalten in einen gewünschten Bereich nahe der Mittenfrequenz f_0 zu verschieben.
- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit einem Filter nach Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen und ein Verfahren zur Verschiebung von Polstellen sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.
- Erfindungsgemäß wird durch eine Verbindung der masseseitigen Ausgangsseiten der jeweils einen Resonator aufweisenden Parallelzweige auf dem Chip eine Verkopplung der Parallelzweige



erzeugt, wodurch die Frequenzlage der zugehörigen Polstelle (weiterhin auch als 'verkoppelte Polstelle' bezeichnet) in großem Maße verändert werden kann. Dadurch ist es möglich, ein SAW Filter zu erzeugen, das Polstellen bei niedrigeren Frequenzen aufweist, als sie durch die bisherige serielle Verschaltung der Parallelzweige mit den vorhandenen aufbaubedingten Induktivitäten gemäß der Formel (1.5) erreichbar waren. Auch ist es möglich, eine oder mehrere Polstellen bei einem gegebenen Filter über einen weiteren Frequenzbereich zu verschieben, als dies bei einem gegebenen Filter bislang möglich war. So kann mit der Erfindung eine Polstelle exakt bei der Frequenz erzeugt werden, an der eine große Selektion erforderlich ist, beispielsweise bei einer beliebigen LO - oder Imagefrequenz.

Damit können Selektionsanforderungen für die Unterdrückung von Signalen bei der Lokalszillatorfrequenz (LO-Unterdrückung) und/oder bei der Spiegelfrequenz (Imageunterdrückung) auch in extrem kleinen Gehäusen mit sehr kleinen aufbaubedingten Induktivitäten noch erfüllt werden. So kann bei einer gegebenen Bond-, Leiter- oder Gehäusedurchführungsinduktivität eine oder mehrere Polstellen an eine gewünschte Frequenz verschoben werden, ohne daß es dazu einer Erhöhung der seriellen Induktivität bedarf. Zusätzlich kann natürlich auch noch die serielle Induktivität erhöht werden.

Zudem lassen sich die Anzahl der bereitgestellten Masseanbindungen unabhängig von der Anzahl der verwendeten Parallelzweige einstellen, was zu einem geringeren Platzbedarf führt. Gerade im Hinblick auf neue Verbindungstechnologien (Bumpverbindungen statt Bondverbindungen) und neue Gehäusetechnologien stellen die Ausführungsformen gemäß der Erfindung die einzige Möglichkeit zum Erreichen der oben genannten Selektionsanforderungen in miniaturisierten Gehäusen dar.

Im Folgenden soll das Prinzip zur Verschiebung der Polstellen gemäß der vorliegenden Erfindung anhand von Ausführungsbei-

spielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert werden. Die anschließenden konkreten Ausführungsformen sind Beispiele für die Anwendung in einem SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp.

5

Dabei zeigen

- Fig. 1 einen Eintor SAW-Resonator
- Fig. 2 das Ersatzschaltbild und Symbol für einen SAW-Resonator
- Fig. 3 ein Grundglied eines SAW-Filters nach dem Reaktanzfiltertyp
- Fig. 4 Zusammenwirken von Parallel- und Serienresonator
- Fig. 5 Kaskade zweier Grundglieder
- Fig. 6 Kaskade zweier Grundglieder
- Fig. 7 Diagramm eines Reaktanzfilters
- Fig. 8 Diagramm eines Reaktanzfilters mit der reduzierten Struktur s-p-s-p
- Fig. 9 Aufsicht auf ein SAW-Filter im Gehäuse ohne Deckel
- Fig. 10 Querschnitt durch ein SAW-Filter im Gehäuse
- Fig. 11a Polstelle
- Fig. 11b Ersatzschaltbild für das Dämpfungsverhalten eines Parallelzweiges
- Fig. 12 Ersatzschaltbild eines Filters
- Fig. 13 Ersatzschaltbild für das Dämpfungsverhalten eines SAW-Filters
- Fig. 14 Diagramm, das den Zusammenhang zwischen ΔL_{ser} und Polstelle zeigt
- Fig. 15 Abhängigkeit der Frequenzlage der Polstelle von der statischen Kapazität
- Fig. 16 Filter mit drei Grundgliedern
- Fig. 17 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
- Fig. 18 Dessen Dämpfungsverhalten
- Fig. 19 Filter mit vier Grundgliedern

- Fig. 20 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
- Fig. 21 Dessen Dämpfungsverhalten
- Fig. 22 Filter mit vier Grundgliedern
- Fig. 23 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
- Fig. 24 Dessen Dämpfungsverhalten
- Fig. 25 Filter mit vier Grundgliedern
- Fig. 26 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
- Fig. 27 Dessen Filtercharakteristik
- Fig. 28 Filter mit vier Grundgliedern
- Fig. 29 Dessen Ersatzschaltbild im Sperrbereich
- Fig. 30 Filterstruktur mit Bumpverbindung
- Fig. 31 Filterstruktur mit Bondverbindung

In Fig.12 ist eine einfache erfindungsgemäße Filterstruktur, die Ausschnitt einer größeren Filterstruktur mit weiteren Grundgliedern sein kann, symbolisch als Ersatzschaltbild dargestellt. Bei (mindestens) zweien der Parallelzweige mit den Parallelresonatoren R2 und R3 werden erfindungsgemäß bereits auf dem Chip (Substrat) 12-8 die Ausgangsseiten 12-6 und 12-7 elektrisch miteinander verbunden. Erst anschließend folgt eine z.B. eine Bondverbindung 12-5 umfassende Verbindung zum Gehäusemassepad 12-4.

In Fig. 13 ist das Ersatzschaltbild für den Frequenzbereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$, in dem bei jedem Resonator nur seine statische Kapazität C_0 wirkt, dargestellt. Das Selektionsverhalten eines SAW-Filters nach dem Reaktanzfiltertyp kann weitgehend mit diesem reduzierten Ersatzschaltbild beschrieben werden. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin (=Anschluß für Masse am Gehäuse) außen.

Es kommt zu einer Verkopplung der beiden bereits auf dem Chip elektrisch verbundenen Parallelzweige. Dies führt zu einer Frequenzlagenänderung der Polstellen im Sperrbereich. Anhand des Ersatzschaltbildes aus Fig. 13, das ein Zweitor Z dar-

5 stellt, läßt sich die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle bestimmen. Das Zweitor Z weist dann eine Polstelle auf, wenn die Impedanz gegen Masse zu Null wird.

$$Z_{21} = 0$$

Z_{21} ist dabei ein systematisch bezeichnetes Matrixelement aus der Impedanzmatrix. Zur Bestimmung von Z_{21} kann das Zweitor Z in eine Reihenschaltung der Zweitore Z' und Z'' aufgeteilt werden. Das Zweitor Z' umfaßt die Π -Schaltung aus den drei Kapazitäten C_{0p1} , C_{0p2} und C_{0s} . Das Zweitor Z'' umfaßt nur die Induktivität L_{ser} . Damit ergibt sich

15

$$Z'_{21} = \frac{1}{j\omega \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right)} \quad (2.1)$$

$$Z''_{21} = j\omega L_{ser} \quad (2.2)$$

Wobei j = die imaginäre Zahl darstellt

20 und $\omega = 2\pi f$

Mit

$$Z_{21} = Z'_{21} + Z''_{21} \quad (2.3)$$

25 folgt

$$Z_{21} = \frac{1 - \omega^2 L_{ser} \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right)}{j\omega \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right)} \quad (2.4)$$

Wird der Zähler des Ausdrucks von (2.4) zu Null

30

$$1 - \omega^2 L_{ser} \left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}} \right) = 0 \quad (2.5)$$

wird Z_{21} zu Null. Daraus erhält man für die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle

$$f_{\text{pol (verkoppelt)}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}\left(C_{0p2} + C_{0p1} + \frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}}\right)}} \quad (2.6)$$

Im Vergleich zu den bisher ohne Verkopplung der Parallelzweige auf dem Chip erhaltenen Polstellen gemäß Formel (1.5)

$$f_{\text{pol1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}*C_{0p1}}} \quad (2.7)$$

und

$$f_{\text{pol2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}*C_{0p2}}} \quad (2.8)$$

ist deutlich ersichtlich, daß die zusätzlichen Kapazitätsanteile $\frac{C_{0p1}C_{0p2}}{C_{0s}}$ und C_{0p2} bzw. C_{0p1} die verkoppelte Polstelle bei gleicher Induktivität L_{ser} zu einer weit niedrigeren Frequenz verschiebt.

Zahlenbeispiel: Für ein bekanntes SAW Filter vom Reaktanzfiltertyp errechnet sich die Frequenz f_{pol} einer Polstelle zu

$$f_{\text{pol1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{\text{ser}}*C_{0p1}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1\text{nH}*4\text{pF}}} = 2,52 \text{ GHz}$$

Dabei wurden für die serielle Induktivität L_{ser} und für die statische Kapazität C_{0p} typische Werte von 1nH und 4pF angenommen.

Werden zwei Parallelzweige verkoppelt, ergibt sich gemäß Formel 2.6 bei den gleichen angenommenen Werten für L_{ser} und C_{0p} und bei ebenso 4pF für C_{0s}

$$f_{\text{pol2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1\text{nH}*(4\text{pF} + 4\text{pF} + (4\text{pF})^2/4\text{pF})}} = 1,45 \text{ GHz}$$



Weist ein Filter mehrere Parallelzweige auf, so können auch mehrere Parallelzweige masseseitig miteinander verbunden werden, die weiterhin auch als 'verkoppelte Parallelzweige' bezeichnet werden. Für die Frequenzlage der verkoppelten Polstellen spielt die Anzahl und Kombination der verbundenen Parallelzweige eine entscheidende Rolle und ist bei der Auswahl der Filterstruktur für eine gewünschte Frequenzlage der Polstellen zu berücksichtigen.

Fig. 14 gibt die Abhängigkeit der Lage einer verkoppelten Polstelle von der Größe der Induktivität L_{ser} an. Die beiden Kurven 14-1 und 14-2 geben das Filterverhalten für das gleiche Filter an, wobei lediglich L_{ser} unterschiedlich gewählt ist. Es ergibt sich abhängig von L_{ser} eine unterschiedliche Frequenzlage der Polstellen, wobei die zu f_{pol1} gehörende Induktivität L_{ser1} kleiner ist als L_{ser2} . Je größer die Induktivität L_{ser} ist, desto größer ist die Verschiebung der Polstelle zu niedrigeren Frequenzen hin.

In kleinerem Maße läßt sich die Frequenzlage der Polstelle durch eine Variation des Produkts aus den statischen Kapazitäten der verkoppelten Parallelzweige

$$\Pi C_p = C_{op1} * C_{op2} \quad (2.9)$$

einstellen. Um das Filterverhalten im Passband und das allgemeine Selektionsniveau nicht zu verändern, kann eine solche Variation des Produkts aus den statischen Kapazitäten im Parallelzweig nur unter Beibehaltung ihrer Summe

$$\Sigma C_p = C_{op1} + C_{op2} = \text{constant} \quad (2.10)$$

durchgeführt werden.

Es kann folgende Methode angewandt werden: die statische Kapazität C_{op1} des ersten verkoppelten Parallelresonators wird um denselben Betrag C_{const} erhöht

$$C_{op1}(\text{neu}) = C_{op1} + C_{const} \quad (2.11)$$

wie die statische Kapazität C_{Op2} des zweiten verkoppelten Parallelresonators erniedrigt wird,

$$C_{Op2}(\text{neu}) = C_{Op2} - C_{\text{const}} \quad \text{mit } C_{\text{const}} < C_{Op2} \quad (2.12)$$

- 5 so daß sich zwar das Produkt ΣC_p ändert, die Summe der statischen Kapazitäten aber identisch bleibt

$$\Sigma C_p = C_{Op1}(\text{neu}) + C_{Op2}(\text{neu}) = C_{Op1} + C_{Op2} = \text{constant} \quad (2.13)$$

- und keine Veränderungen des Passbandes oder des allgemeinen
10 Selektionsniveaus in Kauf genommen werden müssen.

Ist ein größerer Frequenzversatz der verkoppelten Polstelle notwendig, können die beteiligten statischen Kapazitäten C_{Op1} , C_{Op2} oder C_{Os} variiert werden. Sind mehr Parallelresonatoren
15 als die zwei zu verkoppelnden Parallelresonatoren vorhanden, so kann die Summe $C_{Op1}+C_{Op2}$ erhöht (oder erniedrigt) werden und zum Ausgleich die statische Kapazität eines nicht verkoppelten Parallelresonators derart erniedrigt (oder erhöht) werden, daß die Gesamtsumme aller statischen Kapazitäten in den
20 Parallelzweigen gleich bleibt. Dadurch wird das allgemeine Selektionsniveau beibehalten.

Fig. 15 zeigt, wie bei konstanter Induktivität L_{ser} durch eine Verringerung der Summe der statischen Kapazitäten $C_{Op1}+C_{Op2}$ der
25 verkoppelten Parallelzweige um den Faktor 1.2 die Frequenz der verkoppelten Polstelle erhöht wird. Zum Ausgleich wurde die statische Kapazität eines weiteren Parallelzweiges entsprechend erhöht.

- 30 Eine weitere Möglichkeit zur Verschiebung der verkoppelten Polstelle besteht darin, einen Parallelresonator P bewußt aufzusplitten in zwei einzelne zueinander parallele Resonatoren P' und P'' , wobei die Summe der Kapazitäten der aufgesplitteten einzelnen Resonatoren gleich der ursprünglichen
35 Kapazitäten C_{Op} ist:

$$C_{Op} = C'_{Op} + C''_{Op}.$$

Wird einer dieser Parallelresonatoren P' mit einem weiteren Parallelresonator verkoppelt, nicht jedoch mit dem Parallelresonator P'' , so kann die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle anhand des Teilungsverhältnisses $\frac{C'_{op}}{C''_{op}}$ der statischen

- 5 Kapazität der aufgesplitteten Parallelresonatoren P' und P'' eingestellt werden, da nur C'_{op} einen Einfluß auf die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle hat.

10 Zwischen verkoppelten Parallelzweigen kann ein einzelner oder mehrere Serienresonatoren angeordnet sein. Da auch die Größe der statischen Kapazität C_{os} , die zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegt, die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle gemäß Formel 2.6 beeinflusst, kann mit folgender Methode ebenfalls die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle
15 verschoben werden.

Sind weitere Serienresonatoren S_n außer dem oder den zwischen den verkoppelten Parallelzweigen liegenden Serienresonator S vorhanden, so kann dessen statische Kapazität C_{os} erhöht
20 (oder erniedrigt) und zum Ausgleich die statische Kapazität der nicht zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegenden Serienresonatoren S_n derart erniedrigt (oder erhöht) werden, daß die Gesamtsumme aller statischen Kapazitäten in den Serienzweigen gleich bleibt. Dadurch wird das allgemeine
25 Selektionsniveau beibehalten und die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle verändert.

Wie bereits erläutert ist der Bereich für die Variation der statischen Kapazitäten C_p im Parallelzweig und der seriellen
30 Induktivitäten L_{ser} (zwischen der Verbindung der Parallelzweige auf dem Chip und dem Außenanschluß am Gehäuse) begrenzt. Gleiches gilt daher auch für den Frequenzbereich, in dem die Polstellen verschoben werden können. Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen ermöglicht jedoch
35 der gemäß der Erfindung erreichte Variationsbereich für die Frequenzlage von Polstellen auch bei extrem miniaturisierten

Gehäusen die Herstellung von SAW Filtern mit einer für die Anwendung als HF-Filter im Mobilfunkbereich geforderten LO- und Imageunterdrückung.

- 5 Im folgenden werden nun konkrete Ausführungsformen für erfindungsgemäße Filter angegeben.

Ausführungsform 1 (siehe auch Fig.16 - Fig.18):

- Man verwendet eine Struktur mit drei Grundgliedern. An das
 10 Eingangstor 16-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß sowohl der Parallelzweig als auch der Serienzweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweisen. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgt das dritte Grundglied. Mit
 15 dem Ausgangstor ist somit anders wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge $p-s - s-p - p-s$ für die Resonatoren, wobei p für Parallelresonator und s für Serienresonator steht. Prinzipiell können Ein- und Ausgangstor vertauscht werden,
 20 ohne die Filtereigenschaften zu ändern, wobei sich die Reihenfolge $s-p-p-s-s-p$ ergibt.

- Wie bekannt können gleichartige Resonatoren unter Beibehaltung ihrer kapazitiven Wirkung auch zusammengefaßt werden.
 25 Damit ergeben sich folgende Strukturen mit minimaler Resonatorzahl:

$p-s-p-s$ bzw. $s-p-s-p$

- aber auch Zwischenformen mit teilweisem Zusammenfassen der
 30 Resonatoren sind möglich:

$p-s-p-p-s$ bzw. $s-p-p-s-p$
 $p-s-s-p-s$ bzw. $s-p-s-s-p$

- Der Einfachheit halber werden die Ausführungsformen im folgenden nur noch anhand von minimaler Resonatorzahl und ohne
 35 zusätzlichen Hinweis auf die Vertauschbarkeit von Ein- und Ausgangstor erklärt und in den Figuren dargestellt. Trotzdem



umfaßt die Erfindung auch Modifikationen nach obigem eben erläuterten Beispiel.

5 In Fig. 16 ist die Struktur der Ausführungsform 1 symbolisch dargestellt. Die beiden Parallelzweige werden bereits auf dem Chip elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt eine Verbindung zum Gehäuse. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig. 17 dargestellt. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer
10 Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen.

Das Filter hat eine Filtercharakteristik, die durch Kurve 18-1 in Fig. 18 gekennzeichnet ist. Der Vergleich mit der Filterkurve 18-2 (entspricht dem in Fig. 8 dargestellten Filter), bei der die Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden der Parallelzweige auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich mit einer typischen Induktivität $L_{\text{ser}} = 1.0\text{nH}$ verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien
20 (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei niedriger ZF-Frequenz) wird die Selektion um mehr als 10 dB erhöht.

25 **Ausführungsform 2 (siehe auch Fig.19 - Fig.21):**

In Fig.19 ist die Struktur einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform symbolisch dargestellt, bei der eine Struktur mit vier Grundgliedern verwendet wird. An das Eingangstor 19-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß sowohl
30 der Parallelzweig als auch der Serienzweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweisen. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 19-3 sind somit ebenso wie am Eingangstor sowohl ein
35 Parallelzweig als auch ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:



p-s-p-s-p

wobei *p* für Parallelresonator und *s* für Serienresonator steht. Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt.

5

Zwei der drei Parallelzweige werden bereits auf dem Chip elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt über die Induktivität $L_{\text{ser}2}$ eine Verbindung zum Gehäuse. Der verbleibende Parallelzweig wird unabhängig davon über die Induktivität $L_{\text{ser}1}$ mit dem Gehäuse verbunden. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig.20 dargestellt. Die Induktivität $L_{\text{ser}2}$ entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung 19-4 der Parallelresonatoren auf dem Chip (in der Figur durch die gestrichelte Linie dargestellt) und dem Gehäusemassepin außen.

In Fig. 21 zeigt die Kurve 21-1 die Filtercharakteristik des Filters aus Fig.19. Der Vergleich mit der Filterkurve 21-2, bei der die Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden von hier zwei der drei Parallelzweige auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich bei einer typischen Induktivität $L_{\text{ser}2} = 1.0\text{nH}$ zu niedrigeren Frequenzen verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei niedriger ZF-Frequenz) wird die Selektion um ca 10 dB erhöht.

Ausführungsform 3 (siehe auch Fig.22 - Fig.24):

In Fig. 22 ist die Struktur der erfindungsgemäßen Ausführungsform 3 symbolisch dargestellt. Man verwendet eine Struktur mit vier Grundgliedern. An das Eingangstor 22-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß nur der Serienzweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweist. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 22-3 ist somit ebenso wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang

zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

s-p-s-p-s

5 wobei *p* für Parallelresonator und *s* für Serienresonator steht. Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt. Die zwei Parallelzweige werden bereits auf dem Chip elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt eine Verbindung zum Gehäuse. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig. 23 dargestellt. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen. Das Filter aus Fig. 22 hat eine Filtercharakteristik, die durch Kurve 24-1 in Fig. 24 gekennzeichnet ist. Der Vergleich mit der Filterkurve 24-2, bei der die Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden von den zwei Parallelzweigen auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich bei einer typischen Induktivität $L_{ser} = 1.0 \text{ nH}$ verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei hoher ZF-Frequenz) wird die Selektion um mehr als 8 dB erhöht.

25 Ausführungsform 4 (siehe auch Fig.25 - Fig.27):

In Fig. 25 ist die Struktur der erfindungsgemäßen Ausführungsform 4 symbolisch dargestellt. Man verwendet eine Struktur mit vier Grundgliedern. An das Eingangstor 25-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß nur der Serienzweig mit dem Resonator R_{S1} eine Verbindung zum Eingangstor aufweist. Das zweite Grundglied wird gespiegelt angeschlossen wegen der Anpassungsforderung $Z_{aus} = Z_{ein}$. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 25-3 ist somit ebenso wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

s-p-s-p-p-s

Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt, im Gegensatz zur Ausführungsform 3 ist jedoch ein Parallelzweig bewußt wieder aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgt so, daß jeder Parallelresonator R_{p2} , R_{p3} ein eigenes Zweitor mit eigenen elektrischen Ein- und Ausgängen bildet. Der zusammengefaßte Parallelzweig mit dem Resonator R_{p1} wird mit einem der nicht zusammengefaßten zwei Parallelzweige (R_{p2}) bereits auf dem Chip am Punkt 25-2 elektrisch miteinander verbunden und erst anschließend folgt über L_{ser1} eine Verbindung zum Gehäuse. Der verbleibende Parallelzweig (R_{p3}) wird unabhängig davon mit dem Gehäuse verbunden. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig. 26 dargestellt. Die Induktivität L_{ser1} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren R_{p1} und R_{p2} auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen, die Induktivität L_{ser2} entspricht einer Induktivität zwischen dem Parallelresonator R_{p3} auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen

Das Filter aus Fig. 25 hat eine Filtercharakteristik, die durch Kurve 27-1 in Fig. 27 gekennzeichnet ist. Der Vergleich mit der Filterkurve 27-2, bei der die Ausgangsseiten der Parallelzweige auf dem Chip nicht verbunden sind, zeigt deutlich, wie durch das Verbinden von zwei der drei Parallelzweigen auf dem Chip die Frequenzlage der Polstellen im Sperrbereich bei einer typischen Induktivität $L_{ser1} = 1.0\text{nH}$ verschoben wird. Im Frequenzbereich zwischen den senkrechten Linien (typischer Frequenzbereich für LO- und Imageunterdrückung bei hoher ZF-Frequenz) wird die Selektion um allgemein mehr als 5 dB erhöht. Wird entweder eine hohe LO- oder Imageunterdrückung verlangt, ist der Selektionsgewinn weit mehr als 10 dB.

Ausführungsform 5 (siehe auch Fig.28 - Fig.30):

In Fig. 28 ist die Struktur der erfindungsgemäßen Ausführungsform 5 symbolisch dargestellt. Man verwendet eine Struktur mit vier Grundgliedern. An das Eingangstor 28-1 ist ein erstes Grundglied derart angeschlossen, daß nur der Serien-

zweig eine Verbindung zum Eingangstor aufweist. Das zweite Grundglied wird gemäß der Anpassungsforderung $Z_{\text{aus}}=Z_{\text{ein}}$ angeschlossen. In der gleichen Weise folgen Grundglied drei und vier. Mit dem Ausgangstor 28-3 ist somit ebenso wie am Eingangstor nur ein Serienzweig direkt verbunden. Vom Eingang zum Ausgang ergibt sich eine Abfolge für die Resonatoren wie folgt:

s-p-s-p-p-s

- 10 Resonatoren gleichen Typs sind bereits zusammengefaßt, ähnlich wie bei der Ausführungsform 4 ist jedoch ein Parallelzweig bewußt wieder aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgt aber nicht in zwei voneinander unabhängige Parallelresonatoren, sondern vielmehr in Form eines Dreitors. Der Eingang für
15 beide Parallelresonatoren besteht aus einer gemeinsamen Anschlußleiste 28-4, an der die anregenden Interdigitalfinger liegen. Die Anschlußleiste des Ausgangs ist in zwei Busbars 28-5 und 28-6 aufgeteilt, wobei jeder Busbar dem Ausgang eines der beiden Parallelresonatoren entspricht.

20

- Der Parallelzweig mit dem Resonator R_{p1} wird mit einem der nicht zusammengefaßten Parallelresonatoren R_{p2} bereits auf dem Chip am Masseausgang 28-2 elektrisch miteinander verbunden. Erst anschließend erfolgt eine Verbindung zum Gehäuse. Der
25 verbleibende Parallelzweig mit dem Parallelresonator R_{p3} wird unabhängig davon mit dem Gehäuse verbunden. Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ ist in Fig.29 dargestellt. Es ist prinzipiell vergleichbar mit dem Ersatzschaltbild in Fig. 26. Die Induktivität $L_{\text{ser}1}$
30 entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren R_{p1} und R_{p2} auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen, die Induktivität $L_{\text{ser}2}$ einer weiteren Induktivität zwischen dem nicht verkoppelten Resonator R_{p3} und dem Gehäusemassepin außen.

35

Das Filter aus Fig. 28 hat eine Filtercharakteristik, die sich von dem Filter aus Fig. 26 nicht unterscheidet und daher

auch durch Kurve 27-1 in Fig. 27 gekennzeichnet ist. Im Gegensatz zur Ausführungsform 4 wird hier eine andere Form der Aufteilung eines Parallelresonators gezeigt, die sich wesentlich im Layout, aber nicht in der Wirkung auf das Selektionsverhalten unterscheidet.

Figur 31 zeigt ausschnittsweise eine erfindungsgemäße Filterstruktur als schematischen Draufblick auf ein Substrat. Die Resonatoren R sind als Interdigitalwandler dargestellt. Die beiden verkoppelten Resonatoren R_{p1} und R_{p2} im Parallelzweig sind auf dem Substrat elektrisch miteinander verbunden und weisen eine gemeinsame Masseanbindung 31-1 auf, die durch einen Bonddraht 31-2, der einen Teil der Induktivität L_{ser} darstellt, mit einer Masseanschlußfläche 31-3 verbunden ist. Die Verbindung auf dem Substrat ist hier durch eine Streifenleitung realisiert, kann aber auch einen Bonddraht umfassen. Obwohl hier nur zwei verkoppelte Resonatoren dargestellt sind, umfaßt die Erfindung auch Filter mit mehr als zwei verkoppelten Resonatoren.

20

Ausführungsform 6:

Es folgt nun die Beschreibung einer sechsten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung, die in Fig. 30 ausschnittsweise dargestellt ist. Man verwendet ein SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp mit mindestens zwei Parallelzweigen. Bei mindestens zwei aller vorhandenen Parallelzweige R2 und R3 werden bereits auf dem Chip elektrisch die Ausgangsseiten (30-3 und 30-4) der Parallelresonatoren elektrisch miteinander verbunden. Erst anschließend folgt eine Verbindung 30-5 zum Gehäuse. Die verbleibenden Parallelzweige werden unabhängig davon mit dem Gehäuse verbunden. Die Verbindung des Chips (30-1) zum Gehäuse ist nicht wie bisher als Bondverbindung ausgeführt, sondern wird durch eine Bumpverbindung (30-5) hergestellt.

35

Das Ersatzschaltbild für das Selektionsverhalten im Bereich $f \ll f_0$ und $f \gg f_0$ hat sich gegenüber dem allgemeinen Ausfüh-

rungsbeispiel nicht verändert und ist aus Fig. 13 ersichtlich. Die Induktivität L_{ser} entspricht einer Induktivität zwischen der Verbindung der Parallelresonatoren auf dem Chip und dem Gehäusemassepin außen. Bei einem Aufbau in der Bump-
5 technologie ist der Wert für die Induktivität L_{ser} gegenüber einer Ausführung mit Bonddraht stark reduziert, da die Bumpverbindung selbst im Gegensatz zu einer Bondverbindung nahezu keine Induktivität besitzt. Es verbleiben noch der induktive Anteil der Streifenleitung auf dem Chip und die Gehäusedurchführ-
10 ungsinduktivität bis zum externen Gehäusemassepin.

Prinzipiell lassen sich alle bisher gezeigten Ausführungsformen und auch solche mit mehr als vier Grundgliedern mit mindestens zwei bereits auf dem Chip elektrisch verbundenen Parallelzweigen an der Ausgangsseite in Verbindung mit der Bump-
15 technologie realisieren. Die Filtercharakteristiken sind prinzipiell auch vergleichbar, jedoch ist der für die serielle Induktivität L_{ser} erreichbare Wert geringer. Um die geforderten Selektionen z.B. im Bereich der LO- und/oder Imageunterdrückung zu erzielen, ist es um so mehr notwendig, die erfindungsgemäße Methode zur gezielten Variation des Sperrbereichs zu verwenden. Die Erfindung bietet außerdem den Vorteil, die Anzahl der notwendigen Massebumps und damit die Chipfläche für Masseanschlüsse zu reduzieren. Dadurch kann
20 das gesamte SAW-Filter noch weiter miniaturisiert werden.
25

Patentansprüche

1. SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp

mit zumindest einem, auf einem piezoelektrischen Substrat (12-8) ausgebildeten Grundglied (R1, R2), welches einen ersten SAW-Resonator (R2) in einem parallelen Zweig und einen zweiten SAW-Resonator (R1) in einem seriellen Zweig umfaßt,

mit zumindest einem dritten SAW-Resonator (R3) in einem weiteren parallelen Zweig,

mit einer auf dem Substrat ausgebildeten elektrischen Verbindung der Masseseiten (12-6, 12-7) des ersten SAW-Resonators (R1) im parallelen Zweig und eines dritten SAW-Resonators (R3) in einem weiteren parallelen Zweig, wobei die elektrische Verbindung vor der Anbindung (12-5) an das Gehäuse erfolgt.

2. SAW-Filter nach Anspruch 1,

bei welchem die elektrische Verbindung eine Streifenleitung auf dem Substrat umfaßt.

3. SAW-Filter nach Anspruch 1 oder 2,

bei welchem die elektrische Verbindung eine Bondverbindung zwischen zwei Pads auf dem Substrat umfaßt.

4. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

bei welchem sich mindestens zwei der statischen Kapazitäten C_{op1} und C_{op2} der elektrisch an der Masseseite verbundenen Parallelresonatoren voneinander unterscheiden: $C_{op1} \neq C_{op2}$.

5. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei welchem ein Parallelresonator P in zwei einzelne Parallelresonatoren P', P'' aufgeteilt und der einzelne Parallelresonator P' an der Ausgangsseite mit mindestens einem weiteren Parallelresonator an der Masseseite elektrisch verbunden ist.

6. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

bei welchem die Gehäuseanbindung der elektrisch verbundenen Masseseiten von mindestens zwei Parallelresonatoren eine Bondverbindung (31-2) umfaßt.

- 5 7. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei welchem die Gehäuseanbindung der elektrisch verbundenen Masseseiten von mindestens zwei Parallelresonatoren eine Bumpverbindung (30-5) umfaßt.
- 10 8. SAW-Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
welches durch Flip-Chip-Technik in ein Gehäuse eingebaut ist.
9. SAW-Filter nach Anspruch 8,
bei welchem die Gesamtfiltergröße kleiner oder gleich
15 $2.5 \times 2.0\text{mm}^2$ ist
10. Verfahren zum Verschieben einer Polstelle in einem SAW Filter nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem die statische Kapazität C_{0p} von mindestens einem
20 verkoppelten Parallelresonator erhöht oder erniedrigt wird
und zum Ausgleich die statische Kapazität eines oder mehrerer nicht verkoppelten Parallelresonatoren so erniedrigt oder erhöht wird, daß die Gesamtsumme ΣC_{0p} der statischen Kapazitäten aller Parallelresonatoren identisch bleibt.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem die statische Kapazität C_{0s} von mindestens einem Serienresonator zwischen zwei an der Masseseite verbundenen Resonatoren im parallelen Zweig gegenüber einem Ausgangswert
30 erhöht oder erniedrigt wird und zum Ausgleich die statische Kapazität eines oder mehrerer nicht in dem seriellen Zweig zwischen den verkoppelten Parallelresonatoren liegenden Serienresonators so erniedrigt oder erhöht wird, daß die Gesamtsumme ΣC_{0s} der statischen Kapazitäten aller Serienresonatoren
35 identisch bleibt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 und 10 oder 11, bei dem ein Resonator in einem parallelen Zweig in Parallelresonatoren P' und P'' aufgeteilt ist und bei dem durch das Teilungsverhältnis der statischen Kapazitäten der aufgeteilten Parallelresonatoren P' und P'' die statische Kapazität C_{op} eines der beiden verkoppelten Parallelresonatoren variiert und damit die Frequenzlage der verkoppelten Polstelle eingestellt wird.
- 10 13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem das Produkt ΠC_{op} der statischen Kapazitäten C_{op1} und C_{op2} der an der Ausgangsseite elektrisch verbundenen Parallelresonatoren dadurch variiert wird, daß die statische Kapazität C_{op1} des ersten Parallelresonators um den gleichen
- 15 Betrag C_{const} erhöht wird wie die statische Kapazität C_{op2} des zweiten Parallelresonators erniedrigt wird, so daß die Summe der statischen Kapazitäten identisch bleibt

Zusammenfassung

SAW Filter des Reaktanzfiltertyps mit verbesserter Sperrbereichsunterdrückung und Verfahren zur Optimierung der Sperrbereichsunterdrückung

Es wird vorgeschlagen, bei einem SAW-Filter nach dem Reaktanzfiltertyp mit zumindest zwei SAW-Resonatoren (R2,R3) in zwei parallelen Zweigen und einem SAW-Resonator (R1) in einem seriellen Zweig eine auf dem Substrat ausgebidete elektrische Verbindung der Masseseiten (12-6, 12-7) der beidenen SAW-Resonatoren (R2, R3) in den parallelen Zweigen vor der Anbindung (12-5) an das Gehäuse vorzusehen, um eine Verschiebung der dem Parallelzweig zugehörenden Polstelle zu einer niedrigeren Frequenz zu erreichen.

Figur 12

10/030856
531 Rec'd PCT 10 JAN 2002

Epping et al.
New PCT application
P-01,0534
Client Ref. No. 1999P2288US N
Inventor: Selmeier

Translation / December 10, 2001 / 1696(911) / 7200 words

100-443887-100

181PRTS

**SAW FILTER OF THE REACTANCE FILTER TYPE WITH IMPROVED
STOP BAND SUPPRESSION AND METHOD FOR OPTIMIZING THE STOP
BAND SUPPRESSION**

The present invention is directed to a surface-active wave filter (SAW)
5 and, specifically, to a SAW filter of the reactance filter type with improved stop band
suppression as well as to a method for the optimization of the stop band suppression.

Reactance filters are known from classical filter technology. When SAW
resonators are employed for the individual resonators instead of discrete elements
(inductances and capacitors), then this is called a SAW filter according to the
10 reactance filter type.

Given SAW filters of the reactance filter type, SAW resonators are
employed as impedance elements. Figure 1 shows the schematic structure of a known
resonator. It comprises metallic structures on the surface of a piezo-electric substrate
and has a terminal pair 1-1 and 1-2 to which an interdigital transducer 1-4 is
15 connected for the transformation of electrical energy into acoustic energy. A
reflector 1-3 and 1-5 is respectively arranged at both sides of the interdigital transducer
1-4 along the acoustic axis in order to prevent the acoustic energy from escaping.

At the left, Figure 2 shows the equivalent circuit diagram for a SAW
resonator R and shows the symbol employed for the resonator at the right. A series
20 resonant circuit composed of dynamic inductance L_1 , dynamic capacitor C_1 and
dynamic resistor R_1 (when taking losses into consideration) is located in the first
branch of the parallel circuit, and the static capacitor C_0 of the interdigital transducer
is located in the second branch. The series resonant circuit reflects the behavior of the
resonator in the resonance case, i.e. in the range of the resonant frequency f_r . The
25 static capacitor reflects the behavior in the frequency ranges $f \ll f_r$ and $f \gg f_r$. The
dynamic capacitor C_1 is proportional to the static capacitor C_0 of the interdigital
transducer:

$$C_1 \sim C_0 \quad (1.1)$$

A resonator has a resonant frequency f_r and an anti-resonant frequency f_a . The
30 following applies to the resonant frequency f_r :

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L_1 * C_1} \quad (1.2)$$

The following applies for the anti-resonant frequency f_a of a resonator:

$$f_a = f_r * \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0}} \quad (1.3)$$

The basic unit of a SAW reactance filter is what is referred to as a basic element as shown in Figure 3. It is composed of a first resonator R_1 with resonant frequency f_{rp} and appertaining anti-resonant frequency f_{ap} in the parallel branch and of a second resonator R_2 with resonant frequency f_{rs} and appertaining anti-resonant frequency f_{as} in the serial branch. The frequency curve of the admittance Y_p of the resonator R_1 in the parallel branch and the frequency curve of the impedance Z_s of the resonator R_2 in the serial branch are shown in Figure 4. For producing a band-pass filter with the middle frequency f_0 , the resonant frequencies of the two resonators have the following relationship:

$$f_{ap} \approx f_{rs} \approx f_0 \quad (1.4)$$

Each basic element is to be fundamentally viewed as two-port with the terminals 3-1 or, respectively, 3-2 of port 1 and the terminals 3-3 or, respectively, 3-4 of port 2 (see Figure 3). At the same time, the terminals 3-1 is the input and the terminal 3-3 is the output of the series resonator. The input of the parallel resonator is connected to the terminal 3-1. The terminals 3-2 and 3-4 represent the reference ground given an asymmetrical operation. The output 3-5 of the parallel resonator that faces toward the reference ground is referred to below as output side or, respectively, ground side of the parallel resonator. The inductance L_{ser} that lies between the output side of the parallel resonator and the reference ground reflects the connection to the housing ground in the real structure.

The selection level of the SAW filter according to the reactance filter type is defined, first, by the relationship C_{op}/C_{os} of static capacitor C_{op} in the parallel branch and static capacitor C_{os} in the series branch and is defined, second by the plurality of basic elements connected following one another (cascaded).

The basic elements in the case of a cascading are usually circuited adapted, i.e. respectively mirrored. Figure 5 and Figure 6 show two examples of a reactance filter wherein respectively two basic elements are cascaded. The output impedance 5-1 (Z_{out}) or, respectively, 6-1 (Z_{in}) of the first basic element is equal to the
 5 input impedance 5-2 or, respectively, 6-2 of the second basic element, as a result whereof the losses due to mismatching are minimal. Many structures are possible or known for reactance filters with respect to the plurality and arrangement of the basic elements.

Resonators of the same type (series resonator or parallel resonator) lying
 10 immediately behind one another can also be respectively combined to form one, whereby the capacitative overall effect remains the same. The interconnection of a filter according to Figure 7 corresponds in effect to that of a filter according to Figure 8.

Figures 9 and 10 show the typical, actual structure of a SAW filter on a
 15 piezoelectric substrate 9-1 in a ceramic housing 9-0 and the typical connecting technique with bond wires 9-8 through 9-12 or, respectively, 10-9.

At the output side 9-15 through 9-17, the parallel resonators R1, R3 and R5 are connected to the housing ground pads 9-4, 9-5 and 9-7 via bond wires 9-9, 9-10 and 9-12.

20 As a result of the typical structuring technique (see Figure 9 and Figure 10), series inductances between, for example, the output side 9-17 of the parallel resonator R5 on the substrate (chip) 9-1 and the ground 10-5 adjacent at the outer housing pin 9-4 are obtained given the connection of the parallel branches to ground. These essentially include the inductive part of the stripline on the chip, the inductance
 25 of the bond connection 9-9 and that of the housing lead-through 10-3.

These series inductances influence the behavior of the filter both in the passband as well as in the stop band. $f \ll f_0$ applies for the pass band. The resonant frequency and, thus, the bandwidth of a resonator can, as known, be modified by an external wiring belonging to the resonator. An inductance serially with the resonator
 30 increases the effective dynamic inductance, as a result whereof the resonant frequency f_r drops. Since the anti-resonant frequency f_a is shifted to only a very slight extent, the

bandwidth $\Delta f = f_a - f_r$ of a resonator is increased with the serial inductance. The bandwidth of the SAW filter is also increased in the case of a parallel resonator.

$f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ applies for the stop band. Here, the equivalent circuit diagram of a resonator is reduced to its static capacitance C_0 since the series resonant circuit is extremely high-impedance beyond f_0 and corresponds to a no-load. An inductance L_{ser} serially with the resonator yields a series resonant circuit shown in Figure 11 having a resonant frequency

$$f_{pol} = 1/2\pi \sqrt{L_{ser} * C_0} \quad (1.5)$$

In the case of an inductance serially with a parallel resonator, this means that the energy of the filter can flow off directly to ground given the frequency f_{pol} ; what is referred to as a pole point thus forms in the filter curve, i.e. an increased suppression in the stop band. A plurality of pole points in the stop band corresponds to the plurality of parallel branches with series inductance. Pole points f_{pol1} and f_{pol2} that can be distinguished from one another in terms of frequency derive only given different products $\Pi_1 = L_{ser1} * C_{01}$ and $\Pi_2 = L_{ser2} * C_{02}$. When the products are identical, then the pole points lie at the same frequency; a double pole point $f_{pol} = f_{pol1} = f_{pol2}$ is obtained with a higher suppression than given a simple pole point.

Figure 11a shows the attenuation behavior of a resonator in the parallel branch to which an inductance L_{ser} is serially connected at the output side of the parallel resonator. As in Figure 11b, the series resonant circuit of the resonator whose resonant frequency $f_{rp} = f_0$ was removed in order to illustrate the pole point. What typically applies for the frequency of the pole point f_{pol} is $f_{pol} > f_0$, whereby f_0 is equal to the resonant frequency of the filter. A high attenuation is then obtained for the pole point.

SAW filters of the reactance filter type are mainly employed as RF filters in the mobile radio telephone field since they exhibit extremely low losses in the pass band. As RF filter in the mobile radio telephone field, the SAW filter of the reactance filter type must, over and above this, suppress, first, the duplex band (i.e., the reception band given a transmission filter and, conversely, the transmission band given a reception filter) and, second, must suppress the signal at the local oscillator

frequency (LO) and/or at the image frequency in order to prevent unwanted mixed products in the telephone.

The local oscillator lies above or below the middle frequencies f_0 of the filter. The distance from the middle frequency f_0 corresponds to the intermediate frequency (ZF) employed for the signal editing. The image frequency has the spacing $2 \cdot \text{ZF}$ from the middle frequency f_0 . Since momentary ZF frequencies in the range 100-400 MHz are employed, the SAW filter - dependent on the application - must comprise good attenuation properties of, typically, more than 30 dB in the range f_0 plus/minus 100-800 MHz. In the most frequent instances, the local oscillator lies above the middle frequency f_0 .

There are various possibilities for achieving an adequate attenuation in the range of the LO frequency and/or image frequency. Possibly A is comprised therein that the general selection level be made correspondingly high (the minimum attenuation below the pass band given approximately $f_0/2$ is valid as criterion for this). The great disadvantage is, however, that the losses in the pass band also increase with increasing selection level. This is unacceptable for the signal processing in the telephone in most cases. The second possibility B derives from the aforementioned fact that an inductance present given the traditional structuring technique generates a pole point serially with a parallel resonator that lies exactly at the LO or image frequency. Given the great spectrum of ZF frequencies employed, a possibility must be established in this case in order to vary the generated pole point over a range of approximately 700 MHz.

Since the static capacitance C_{0p} in the parallel branch is the determining factor for the filter performance (passband, matching and selection level), it can only be varied to an extremely slight degree with given filter demands such that the position of pole points in the stop band also simultaneously changes. Likewise, the degree of freedom for the size of the inductance serially between output side of the parallel resonator and ground is limited. Due to the necessity for miniaturization as well as for cost reasons, the chips that are employed are becoming smaller and smaller, this resulting therein that the inductive part of the stripline on the chip can be varied to only a limited extent. The length and the inductance of the bond connection

correlating therewith can likewise hardly be varied any more with any housing in the course of the progressing miniaturization. Moreover, the inductance that derives from the housing lead-through is fixed for a given housing.

The possibility B is thus also not established anymore to an adequate extent for SAW filters according to the reactance filter type in housings that have been miniaturized further, namely it is no longer established to an adequate degree in order to assure the LO and/or image suppression by means of suitably placed pole points over a great frequency range from f_0 plus 100-800 MHz. Particularly given the future connection technology of "flip-chip-technique" wherein bump connections are employed instead of the bond wires, it is impossible to generate pole points at relatively low frequencies, i.e. in the range of 100 MHz above the middle frequency f_0 , since the inductances present given this structuring technique serially to the output side of a parallel resonator are too small (see Equation 1.5), and the static capacitances of the parallel branches can likewise not be selected great enough because of the required self-matching to 50Ω .

It is therefore an object of the present invention to specify a way of how a filter can be designed such that an improved stop band suppression can be obtained for specific LO frequencies and image frequencies over a possible range from 100 through 800 MHz next to the middle frequency. In particular, a way should be specified for shifting pole points of a reactance filter into a desired region close to the middle frequency f_0 without greatly influencing the remaining filter behavior.

This object is inventively achieved with a filter according to claim 1. Advantageous developments in a method for shifting pole points may be derived from further claims.

As a result of a connection of the ground-side output sides of the parallel branches respectively comprising a resonator on the chip, a coupling of the parallel branches is inventively produced, as a result whereof the frequency position of the appertaining pole point (also referred to as "coupled pole point" below) can be modified to a great extent. As a result thereof, it is possible to produce a SAW filter that comprises pole points at lower frequencies than could be achieved by the previous, serial interconnection of the parallel branches with existing, structure-

conditioned inductances according to Equation (1.5). It is also possible to shift one or more pole points in a given filter over a broader frequency range than was hitherto possible in a given filter. With the invention, thus, a pole point can be generated exactly at the frequency at which a high selection is required, for example at an
 5 arbitrary LO or image frequency.

Such demands for the suppression of signals at the local oscillator frequency (LO suppression) and/or at the image frequency (image suppression) can thus still be satisfied in extremely small housings having very low structure-conditioned inductances. One or more pole points can be shifted to a desired
 10 frequency given an established bond inductance, conduct inductance or housing lead-through inductance without this requiring an increase in the serial inductance. Additionally, of course, the serial inductance can also be increased.

Moreover, the plurality of ground connections that are offered can be set independently of the plurality of parallel branches employed, this leading to a lower
 15 space requirement. It is precisely in view of new connecting technologies (bump connections instead of bond connections) and new housing technologies that the embodiments according to the invention represent the sole possibility for achieving the aforementioned selection demands in miniaturized housings.

The principle for shifting the pole points according to the present
 20 invention shall be explained in greater detail below on the basis of exemplary embodiments and the appertaining figures. The following, concrete embodiments are examples of the employment in a SAW filter of the reactance filter type.

Thereby shown are:

- Fig. 1 a one-port SAW resonator;
- 25 Fig. 2 the equivalent circuit diagram and symbol for a SAW resonator;
- Fig. 3 a basic element of a SAW filter of the reactance filter type;
- Fig. 4 interaction of parallel and series resonators;
- Fig. 5 cascade of two basic elements;
- Fig. 6 cascade of two basic elements;
- 30 Fig. 7 diagram of a reactance filter;
- Fig. 8 diagram of a reactance filter with the reduced structure s-p-s-p;

- Fig. 9 plan view onto a SAW filter in the housing without cover;
- Fig. 10 cross-section through a SAW filter in the housing;
- Fig. 11a pole point;
- Fig. 11b equivalent circuit diagram for the attenuation behavior of a parallel
5 branch;
- Fig. 12 equivalent circuit diagram of a filter;
- Fig. 13 equivalent circuit diagram for the attenuation behavior of a SAW filter;
- Fig. 14 diagram that shows the relationship between ΔL_{ser} and pole point;
- Fig. 15 dependency of the frequency position of the pole point on the static
10 capacitance;
- Fig. 16 filter having three basic elements;
- Fig. 17 the equivalent circuit diagram thereof in the stop band;
- Fig. 18 the attenuation behavior thereof;
- Fig. 19 filter with four basic elements;
- 15 Fig. 20 the equivalent circuit diagram thereof in the stop band;
- Fig. 21 the attenuation behavior thereof;
- Fig. 22 filter with four basic elements;
- Fig. 23 the equivalent circuit diagram thereof in the stop band;
- Fig. 24 the attenuation behavior thereof;
- 20 Fig. 25 filter with four basic elements;
- Fig. 26 the equivalent circuit diagram thereof in the stop band;
- Fig. 27 the filter characteristic thereof;
- Fig. 28 filter with four basic elements
- Fig. 29 the equivalent circuit diagram thereof in the stop band;
- 25 Fig. 30 filter structure with bump connection;
- Fig. 31 filter structure with bond connection.

Fig. 12 shows a simple filter structure of the invention symbolically as a
equivalent circuit diagram, this being potentially part of a larger filter structure with
further basic elements. Given (at least) two of the parallel branches with the parallel
30 resonators R2 and R3, the output sides 12-6 and 12-7 are already inventively
electrically connected to one another on the chip (substrate) 12-8. Only thereafter

does a connection to the housing ground pad 12-4 comprising, for example a bond connection 12-5, ensue.

Fig. 13 shows the equivalent circuit diagram for the frequency range $f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ wherein only the static capacitance C_0 takes effect for each resonator. The selection behavior of a SAW filter according to the reactance filter type can be largely described with this reduced equivalent circuit diagram. The inductance L_{ser} corresponds to the inductance between the connection of the parallel resonators on the chip and the housing ground pin (equals terminal for ground at the housing) outside.

A coupling of the two parallel branches already electrically connected on the chip occurs. This leads to a frequency position change of the pole points in the stop band. The frequency position of the coupled pole point can be identified on the basis of the equivalent circuit diagram from Figure 13, which shows a two port Z. The two port Z then comprises a pole point when the impedance to ground becomes zero.

$$Z_{21} = 0$$

Z_{21} is thereby a systematically referenced matrix element from the impedance matrix. For determining Z_{21} , the two port Z can be divided into a series circuit of the two-ports Z' and Z". The two-port Z' comprises the Π -circuit composed of the three capacitors C_{op1} , C_{op2} and C_{os} . The two-port Z" comprises only the inductance L_{ser} . The following thus derives:

$$Z'_{21} = \frac{1}{j\omega \left(C_{op2}C_{op1} + \frac{C_{op1}C_{op2}}{C_{os}} \right)} \quad (2.1)$$

$$Z''_{21} = j\omega L_{ser} \quad (2.2)$$

Whereby j represents the imaginary number and $\omega = 2\pi f$ applies.

With

$$Z_{21} = Z'_{21} + Z''_{21} \quad (2.3)$$

it follows that

$$Z_{21} = \frac{1 - \omega^2 L_{ser} \left(C_{op2} + C_{op1} + \frac{C_{op1} C_{op2}}{C_{os}} \right)}{j\omega \left(C_{op2} + C_{op1} + \frac{C_{op1} C_{op2}}{C_{os}} \right)} \quad (2.4)$$

When the numerator of the expression of (2.4) becomes zero,

$$1 - \omega^2 L_{ser} \left(C_{op2} + C_{op1} + \frac{C_{op1} C_{op2}}{C_{os}} \right) = 0 \quad (2.5)$$

Z_{21} becomes zero. The following is obtained therefrom for the frequency position of the coupled pole point:

$$f_{pol} \text{ (coupled)} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{ser} \left(C_{op2} + C_{op1} + \frac{C_{op1} C_{op2}}{C_{os}} \right)}} \quad (2.6)$$

- 5 It can be clearly seen compared to the pole points previously obtained without coupling of the parallel branches on the chip according to Equation (1.5).

$$f_{pol} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L_{ser} * C_{op1}} \quad (2.7)$$

$$f_{pol2} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L_{ser} * C_{op2}} \quad (2.8)$$

That the additional capacitance parts $\frac{C_{op1} C_{op2}}{C_{os}}$ and C_{op2} or, respectively,

- 10 C_{op1} shift the coupled pole point to a far lower frequency given the same inductance L_{ser} .

Numerical example: for a known SAW filter of the reactance filter type, the frequency f_{pol} of a pole point is calculated as:

$$f_{\text{pol } 1} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{\text{ser}} * C_{\text{op}1}}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{1\text{nH} * 4\text{pF}}} = 2.52 \text{ GHz}$$

Typical values of 1nH and 4pF were thereby assumed for the serial inductance L_{ser} and for the static capacitance C_{op} .

According to Equation 2.6 and given the same assumed values for L_{ser} and C_{op} and likewise given 4pF for C_{os} ,

$$f_{\text{pol } 2} = \frac{1}{2\pi \sqrt{1\text{nH} * (4\text{pF} + 4\text{pF} + (4\text{pF})^2 / 4\text{pF})}} = 1.45 \text{ GHz}$$

derives when two parallel branches are coupled.

When a filter comprises a plurality of parallel branches, then a plurality of parallel branches can also be connected to one another at the ground side, these also continuing to be referred to as "coupled parallel branches". The plurality and combination of the connected parallel branches plays a critical part for the frequency position of the coupled pole points and is to be taken into consideration in the selection of the filter structure for a desired frequency position of the pole points.

Fig. 14 indicates the dependency of the position of a coupled pole point on the size of the inductance L_{ser} . The two curves 14-1 and 14-2 indicate the filter behavior for the same filter, whereby only L_{ser} has been differently selected. A different frequency position of the pole points derives dependent on L_{ser} , whereby the inductance $L_{\text{ser } 1}$ belonging to $f_{\text{pol } 1}$ is smaller than $L_{\text{ser } 2}$. The shift of the pole points toward lower frequencies is all the greater the higher the inductance L_{ser} is.

To a lesser extent, the frequency position of the pole point can be set by a variation of the product of static capacitances of the coupled parallel branches

$$\Pi_p C = C_{\text{op}1} * C_{\text{op}2} \quad (2.9)$$

So that the filter behavior in the passband and the general selection level is not modified, such a variation of the product of static capacitances in the parallel branch can be implemented only upon retention of their sum:

$$\Sigma C_p = C_{\text{op}1} + C_{\text{op}2} = \text{constant} \quad (2.10)$$

The following method can be applied: the static capacitance C_{op1} of the first couple parallel resonator is increased by the same amount C_{const}

$$C_{op1}(new) = C_{op1} + C_{const} \quad (2.11)$$

by which the static capacitance C_{op2} of the second couple parallel resonator is lowered:

$$5 \quad C_{op2}(new) = C_{op2} - C_{const} \quad \text{with } C_{const} < C_{op2}, \quad (2.12)$$

so that the product ΣC_p in fact changes but the sum of the static capacitances remains identical.

$$\Sigma C_p = C_{op1}(new) + C_{op2}(new) = C_{op1} + C_{op2} = \text{constant} \quad (2.13)$$

and no modifications of the passband or of the general selection level need be
10 accepted.

When a greater frequency offset of the couple pole point is necessary, the participating static capacitances C_{op1} , C_{op2} or C_{os} can be varied. When more parallel resonators than the two parallel resonators to be coupled are present, then the sum $C_{op1} + C_{op2}$ can be raised (or lowered), and the static capacitance of a non-coupled parallel
15 resonator can be lowered (or raised) for balancing such that the total sum of all static capacitances remains the same in the parallel branches. The general selection level is retained as a result thereof.

Fig. 15 shows how, given a constant inductance L_{ser} , the frequency of the couple pole point is increased as a result of a reduction of the sum of the static
20 capacitances $C_{op1} + C_{op2}$ of the coupled parallel branches, being increased by the factor 1.2. For balancing, the static capacitance of a further parallel branch was correspondingly increased.

Another possibility for shifting the couple pole point is comprised in intentionally splitting a parallel resonator P into two individual resonators P' and P''
25 parallel to one another, whereby the sum of the capacitances of the split, individual resonators is equal to the original capacitances C_{op} :

$$C_{op} = C'_{op} + C''_{op}$$

When one of these parallel resonators P' is coupled with a further parallel resonator but not with the parallel resonator P'', then the frequency position of the

coupled pole point can be set on the base is of the division ratio $\frac{C'_{\theta p}}{C''_{\theta p}}$ of the static

capacitance of the split parallel resonators P' and P'', since $C'_{\theta p}$ influences the frequency position of the coupled pole point.

A single series resonator or a plurality of series resonators can be arranged
 5 between coupled parallel branches. Since the size of the static capacitance C_{0s} that lies between the coupled parallel resonators influences the frequency position of the coupled pole point according to Equation 2.6, the frequency position of the coupled pole point can likewise be shifted with the following method.

When further series resonators S_n in addition to the series resonator or
 10 resonators S lying between the coupled parallel branches are present, then the static capacitance C_{0s} thereof can be raised (or lowered) and, for balancing, the static capacitance of the series resonators S_n that do not lie between the coupled parallel resonators can be lowered (or raised) such that the total sum of all static capacitances in the series branches remains the same. As a result thereof, the general selection
 15 level is retained and the frequency position of the coupled pole point is modified.

As already explained, the range for the variation of the static capacitances C_p in the parallel branch and of the serial inductances L_{ser} (between the connection of the parallel branch on the chip and the outside terminal at the housing) is limited. The same is therefore also true for the frequency range in which the pole points can be
 20 displaced. In contrast to the measures known from the prior art, however, the range of variation achieved according to the invention enables the manufacture of SAW filters - even given extremely miniaturized housings - with a LO suppression and image suppression that is required for the employment as RF filter in the mobile radio telephone field.

25 Concrete embodiments of inventive filters are now recited below.

Embodiment 1 (also see Fig. 16 through Fig. 18):

A structure having three basic elements is employed. A first basic element is connected such to the input port 16-1 that both the parallel branch as well as the series branch comprise a connection to the input port. The second basic element is connected according to the matching demand $Z_{out} = Z_{in}$. The third basic element follows in the same way. Differing from the case at the input port, only one series branch is thus directly connected to the output port. A sequence $p-s - s-p - p-s$ for the resonators derives from the input to the output, whereby p stands for parallel resonator and s stands for series resonator. Fundamentally, input port and output port can be interchanged without modifying the filter properties, whereby the sequence $s-p-p-s-s-$
 5 p derives.

As known, identical resonators can also be combined upon retention of their capacitative effect. The following structures with minimum number of resonators thus derive:

$p-s-p-s$ or, respectively, $s-p-s-p$
 15 however, mixed forms having partial combination of the resonators area also possible:
 $p-s-p-p-s$ or, respectively, $s-p-p-s-p$
 $p-s-s-p-s$ or, respectively, $s-p-s-s-p$

For the sake of simplicity, the embodiments below are only explained on the basis of minimum of resonators and without additional indication of the
 20 interchangeability of input port and output port and are shown this way in the Figures. Nonetheless, the invention also comprises modifications according to the example that has just been explained above.

Fig. 16 symbolically shows the structure of embodiment 1. The two parallel branches are already electrically connected to one another on the chip and a
 25 connection to the housing only ensues subsequently. The equivalent circuit diagram for the selection behavior in the range $f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ is shown in Fig. 17. The inductance L_{ser} corresponds to an inductance between the connection of the parallel resonators on the chip and the housing ground pin outside.

The filter has a filter characteristic as identified by curve 18-1 in Fig. 18.
 30 The comparison to filter curve 18-2 (corresponding to the filter shown in Fig. 8) wherein the parallel branches on the chip are not connected to one another, clearly

shows how the frequency position of the pole points in the stop band with a typical inductance $L_{ser} = 1.0 \text{ nH}$ is shifted by the connection of the parallel branches on the chip. The selection is increased by more than 10 dB in the frequency range between the vertical lines (typical frequency range for LO suppression and image suppression given low intermediate frequency).

Embodiment 2 (also see Fig. 19 - Fig. 21):

Fig. 19 symbolically shows the structure of a second inventive embodiment wherein a structure having four basic elements is employed. A first basic element is connected such to the input port 19-1 that both the parallel branch as well as the series branch comprise a connection to the input port. The second basic element is connected according to the matching requirement $Z_{out} = Z_{in}$. Basic element 3 and 4 follow in the same way. Just as at the input port, both a parallel branch as well as a series branch are thus directly connected to the output port 19-3. A sequence for the resonators from the input to the output derives as follows:

p-s-p-s-p

whereby *p* stands for parallel resonator and *s* stands for series resonator. Resonators of the same type are already combined.

Two of the three parallel branches are already electrically connected to one another on the chip and a connection to the housing only ensues subsequently via the inductance L_{ser2} . The remaining parallel branch is connected to the housing independently thereof via the inductance L_{ser1} . The equivalent circuit diagram for the selection behavior in the range $f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ is shown in Fig. 20. The inductance L_{ser2} corresponds to an inductance between the connection 19-4 of the parallel resonators on the chip (shown with the broken line in the Fig.) and the housing ground pin outside.

In Fig. 21, the curve 21-1 shows the filter characteristic of the filter from Fig. 19. The comparison with the filter curve 21-2 wherein the parallel branches are not connected on the chip clearly shows how the frequency position of the pole points in the stop band given a typical inductance $L_{ser2} = 1.0 \text{ nH}$ is shifted toward lower frequencies due to the connection of two of the three parallel branches on the chip

here. The selection is increased by approximately 10 dB in the frequency range between the vertical lines (typical frequency range for LO suppression and image suppression at low intermediate frequency).

Embodiment 3 (also see Fig. 22 - Fig. 24):

5 Fig. 22 symbolically shows the structure of the inventive embodiment 3. A structure having three basic elements is employed. A first basic element is connected such to the input port 22-1 that only the series branch comprises a connection to the input port. The second basic element is connected according to the matching requirement $Z_{out} = Z_{in}$. Basic element 3 and 4 follow in the same way. Just
10 as at the input port, only one series branch is thus directly connected to the output port 22-3. A sequence for the resonators from the input to the output derives as follows:

$$s-p-s-p-s$$

whereby p stands for parallel resonator s stands for series resonator. Resonators of the same type are already combined. The two parallel branches are already electrically
15 connected to one another on the chip and a connection to the housing only ensues subsequently. The equivalent circuit diagram for the selection behavior in the range $f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ is shown in Fig. 23. The inductance L_{ser} corresponds to an inductance between the connection of the parallel resonators on the chip and the housing ground pin outside. The filter from 22 has a filter characteristic as identified by curve 24-1 in
20 Fig. 24. The comparison to the filter curve 24-2, whereby the parallel branches are not connected on the chip, it clearly shows how the frequency position of the pole points in the stop band given a typical inductance $L_{ser} = 1.0$ nH is shifted due to the connection of the two parallel branches on the chip. The selection is increased by more than 8 dB in the frequency range between the vertical lines (typical frequency
25 range for LO suppression and image suppression at high intermediate frequency).

Embodiment 4 (also see Fig. 25 - Fig. 27):

Fig. 25 symbolically shows the structure of the inventive embodiment 4. A structure and four basic elements is employed. A first basic element is connected such to the input port 25-1 that only the series branch having the resonator R_{S1}

comprises a connection to the input port. The second basic element is connected mirrored because of the matching demand $Z_{out} = Z_{in}$. Basic element 3 and 4 follow in the same way. Just as at the input port, only one series branch is thus directly connected to the output port 25-3. A sequence for the resonators from input to output
 5 derives as follows:

s-p-s-p-s

Resonators of the same type are already combined; in contrast to the embodiment 3, however, one parallel branch has been intentionally divided again. The division ensues such that each parallel resonator R_{p2} , R_{p3} forms its own two-port with
 10 its own electrical inputs and outputs. The combined parallel branch having the resonator R_{p1} together with one of the non-combined, two parallel branches (R_{p2}) are already electrically connected to one another on the chip at .25-2, and a connection to the housing only ensues subsequently via L_{ser1} . The remaining parallel branch (R_{p3}) is connected to the housing independently thereof. The equivalent circuit diagram for
 15 the selection behavior in the range $f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ is shown in Figure 26. The inductance L_{ser1} corresponds to an inductance between the connection of the parallel resonators R_{p1} and R_{p2} on the chip and the housing ground pin outside; the inductance L_{ser2} corresponds to an inductance between the parallel resonator R_{p3} on the chip and the housing ground pin outside.

20 The filter from Fig. 25 has a filter characteristic that is characterized by curve 27-1 in Fig. 27. The comparison to the filter curve 27-2, wherein the output sides of the parallel branches are not connected on the chip, clearly shows how the frequency position of the pole points in the stop band given a typical inductance $L_{ser1} = 1.0$ nH is shifted due to the connection of two of the three parallel branches on the
 25 chip. The selection is increased generally by more than 5 dB in the frequency range between the vertical lines (typical frequency range for LO suppression and image suppression given high intermediate frequency). The selection gain is far more than 10 dB when either a high LO suppression or image suppression is demanded.

Embodiment 5 (also see Fig. 28-Fig. 30):

Fig. 28 symbolically shows the structure of the inventive embodiment 5. A structure having four basic elements is employed. A first basic element is connected such to the input port 28-1 that only the series branch comprises a connection to the input port. The second basic element is connected according to the matching demand $Z_{out} = Z_{in}$. Basic element 3 and 4 following in the same way. Just as at the input port, only one series branch is thus directly connected to the output port 28-3. A sequence for the resonators from input to output derives as follows:

s-p-s-p-p-s

Resonators of the same type are already combined similar to embodiment 4; however, one parallel branch is intentionally divided again. The division, however, does not ensue into two parallel resonators that are independent of one another but in the form of a three-port. The input 4 both parallel resonators is composed of a shared terminal strip 28-4 at which the interdigital fingers to be excited lie. The terminal strip of the output is divided into two bus bars 28-5 and 28-6, whereby each bus bar corresponds to the output of one of the two parallel resonators.

The parallel branch with the resonator R_{p1} together with one of the non-combined parallel resonators R_{p2} are already electrically connected to one another on the chip at the ground output 28-2. A connection to the housing only ensues subsequently. The remaining parallel branch with the parallel resonator R_{p3} is connected to the housing independently thereof. The equivalent circuit diagram for the selection behavior in the range $f \ll f_0$ and $f \gg f_0$ is shown in Fig. 29. It is basically comparable to the equivalent circuit diagram in Fig. 26. The inductance L_{ser1} corresponds to an inductance between the connection of the parallel resonators R_{p1} and R_{p2} on the chip and the housing ground pin outside; the inductance L_{ser2} corresponds to a further inductance between the non-coupled resonator R_{p3} and the housing ground pin outside.

The filter from Fig. 28 has a filter characteristic that does not differ from the filter from Fig. 26 and is therefore also characterized by curve 27-1 in Fig. 27. In contrast to the embodiment 4, a different form of the division of a parallel resonator is shown here, this differing essentially in the layout but not in the effect on the selection behavior.

Fig. 31 shows portions of an inventive filter structure as a schematic plan view onto a substrate. The resonators R are shown as interdigital transducers. The two coupled resonators R_{p1} and R_{p2} in the parallel branch are electrically connected to one another on the substrate and comprise a shared ground connection 31-1 that is
5 connected to a ground terminal pad 31-3 by a bond wire 31-2, which represents one part of the inductance L_{ser} . The connection on the substrate is realized here with a stripline but can also comprise a bond wire. Even though only two coupled resonators are shown here, the invention also covers filters having more than two coupled resonators.

Embodiment 6:

The description of a sixth embodiment of the present invention now follows, portions thereof being shown in Fig. 30. A SAW filter of the reactance filter type having at least two parallel branches is employed. In at least two of all existing parallel branches R2 and R3, the output sides (30-3 and 30-4) of the parallel resonators are already electrically connected to one another electrically on the chip. The connection 30-5 to the housing only ensues subsequently. The remaining parallel branches are connected to the housing independently thereof. The connection of the chip (30-1) to the housing is not implemented as previously as a bond connection but is produced with a bump connection (30-5).

The equivalent circuit diagram for the selection behavior in the range $f < f_0$ and $f > f_0$ has not changed compared to the general exemplary embodiment and can be seen in Fig. 13. The inductance L_{ser} corresponds to an inductance between the connection of the parallel resonators on the chip and the housing ground pin outside. Given a structuring in bump technology, the value for the inductance L_{ser} is greatly reduced compared to an embodiment with bond wire since the bond connection itself has its nearly no inductance in contrast to a bond connection. Only the inductive part of the stripline on the chip and the housing lead-through inductance up to the external housing ground pin remaining.

Fundamentally, all of the exemplary embodiments shown up to now, even though it is with more than four basic elements having at least two parallel branches at the output side already electrically connected on the chip, can be realized in conjunction with the bump technology. The filter characteristics are also fundamentally comparable; however, the value that can be achieved for the serial inductance L_{ser} is lower. In order to achieve the required selections, for example in the range of the LO suppression and/or image suppression, it is thus all the more necessary to employ the inventive method for targeted variation of the stop band. The invention also offers the advantage of reducing the plurality of necessary ground bumps and, thus, the chip area for ground terminals. As a result thereof, the overall SAW filter can be miniaturized even further.

Abstract**SAW Filter of the Reactance Filter Type with Improved Stop Band Suppression and Method for Optimizing the Stop Band Suppression**

- 5 In a SAW filter of the reactance type having at least two SAW resonators (R2, R3) in two parallel branches and a SAW resonator (R1) in a serial branch, it is proposed that an electrical connection fashioned on the substrate of the ground sides (12-6, 12-7) of the two SAW resonators (R2, R3) in the parallel branches be provided before the bonding (12-5) to the housing in order to achieve a shift of the pole point belonging to the parallel branch to a lower frequency.

- 10 Figure 12

Replaced
By Subst. Spec.
Paper # 1 1/2

Patent Claims

1. SAW filter according to the reactance filter type,
comprising at least one basic element (R1, R2) fashioned on a piezoelectric substrate
(12-8), said basic element comprising a first SAW resonator (R2) in a parallel branch
5 and a second SAW resonator (R1) in a serial branch,
comprising at least a third SAW resonator (R3) in a further parallel branch,
comprising an electrical connection fashioned on the substrate of the ground sides
(12-6, 12-7) of the first SAW resonator (R1) in the parallel branch and of a third SAW
resonator (R3) in a further parallel branch, whereby the electrical connection ensues
10 before the bonding (12-5) to the housing.
2. SAW filter according to claims 1, whereby the electrical connection
comprises a stripline on the substrate.
3. SAW filter according to claim 1 or 2, whereby the electrical connection
comprises a bond connection between two pads on the substrate.
- 15 4. SAW filter according to one of the claims 1 through 3, whereby at least
two of the static capacitances C_{op1} and C_{op2} of the parallel resonators electrically
connected to the ground side differ from one another: $C_{op1} \neq C_{op2}$.
5. SAW filter according to one of the claims 1 through 4, whereby a
parallel resonator P is divided into two individual parallel resonators P', P'', and the
20 output side of the individual parallel resonator P' is electrically connected to at least
one further parallel resonator at the ground side.
6. SAW filter according to one of the claims 1 through 5, whereby the
housing link of the electrically connected ground sides of at least two parallel
resonators comprises a bond connection (31-2).
- 25 7. SAW filter according to one of the claims 1 through 5, whereby the
housing link of the electrically connected ground sides of at least two parallel
resonators comprises a bump connection (30-5).
8. SAW filter according to one of the claims 1 through 7 that is installed in
a housing by means of flip-chip technique.
- 30 9. SAW filter according to claim 8, whereby the overall filter size is
smaller than or equal to $2.5 \times 2.0 \text{ mm}^2$.



1990

10. Method for shifting a pole point in an SAW filter according to one of the preceding claims,

whereby the static capacitance C_{0p} of at least one coupled parallel resonator is raised or lowered and, for compensation, the static capacitance of one or more non-coupled parallel resonators is lowered or raised such that the overall sum ΣC_{0p} of the static capacitances of all parallel resonators remains identical.

11. Method according to one of the preceding claims, whereby the static capacitance C_{0s} of at least one series resonator between two resonators in the parallel branch connected at the ground side is raised or lowered compared to a starting value and, for compensation, the static capacitance of one or more series resonator not lying in the serial branch between the coupled parallel resonator is lowered or raised such that the overall sum ΣC_{0s} of the static capacitances of all series resonators remains identical.

12. Method according to one of the claims 5 and 10 or 11, whereby a resonator in a parallel branch is divided into parallel resonators P' and P'' , and whereby the static capacitance C_{0p} of one of the two coupled parallel resonators is varied by means of the division ratio of the static capacitances of the divided parallel resonators P' and P'' and, thus, the frequency position of the coupled pole point is set.

13. Method according to one of the preceding claims, whereby the product ΠC_{0p} of the static capacitances C_{0p1} and C_{0p2} of the parallel resonators electrically connected at the output side is varied in that the static capacitance C_{0p1} of the first parallel resonator is raised by the same amount C_{const} by which the static capacitance C_{0p2} of the second parallel resonator is lowered, so that the sum of the static capacitances remains identical.

what is claimed is:

a
1 Patent Claims

1. Method for shifting a pole point in an SAW filter

5 comprising at least one basic element (R1, R2) fashioned on a piezoelectric substrate (12-8), said basic element comprising a first SAW resonator (R2) in a parallel branch and a SAW resonator (R1) in a serial branch,

comprising at least a further SAW parallel resonator (R3) in a further parallel branch,

10 whereby the ground sides (12-6, 12-7) of the first SAW resonator (R1) and of the further SAW parallel resonator (R3) in the further parallel branch are electrically connected on the substrate and thereby coupled, whereby the coupling is arranged between the substrate and the bonding (12-5) to the housing,

15 characterized in that

the static capacitance C_{0p} of at least one of the coupled parallel resonators is raised or lowered and, for compensation, the static capacitance of one or more non-coupled parallel resonators is lowered or raised such that the overall sum ΣC_{0p} of the static capacitances of all parallel resonators remains identical.

20 2. Method according claim 1, whereby the static capacitance C_{0s} of at least ones series resonator between two resonators in the parallel branch connected at the ground side is raised or lowered compared to a starting value and, for compensation, the static capacitance of one or more series resonator not lying in the serial branch between the coupled parallel resonators is lowered or raised such that the overall sum ΣC_{0s} of the static capacitances of all series resonators remains identical.

25 3. Method according to one of the claims 1 or 2, whereby a parallel resonator is divided into parallel resonators P' and P'', whereby one of the parallel resonators P' and P'' is coupled to a further parallel resonator, and

TCMA 0-8 784

whereby the static capacitance C_{op} of one of the two coupled parallel resonators is varied by means of the division ratio of the static capacitances of the divided parallel resonators P' and P'' and, thus, the frequency position of the coupled pole point is set.

4. Method according to one of the preceding claims, whereby the product ΠC_{op} of the static capacitances C_{op1} and C_{op2} of the parallel resonators electrically connected at the output side is varied in that the static capacitance C_{op1} of the first parallel resonator is raised by the same amount C_{const} by which the static capacitance C_{op2} of the second parallel resonator is lowered, so that the sum of the static capacitances remains identical.

5. Method according to one of the preceding claims, whereby the link to the housing is undertaken with a bond connection.

6. Method according to one of the claims 1 through 4, whereby the link to the housing is undertaken with a bump connection.

7. Method according to one of the preceding claims, whereby the coupling of the two parallel resonators is undertaken with a bond connection.

Add
A1



100-100-100